# تكنولوجيا وفسيولوجيا

# ما بعد حصاد الخضر الثمرية

## التداول والتخزين والتصدير



سلسلة تكنولوجيا وفسيولوجيا الخضر

# تكنولوجيا وفسيولوجيا
# ما بعد حصاد الخضر الثمرية
## التداول والتخزين والتصدير

تأليف
أ. د. أحمد عبد المنعم حسن
أستاذ الخضر
كلية الزراعة – جامعة القاهرة

٢٠١١
الدار العربية للنشر والتوزيع
الطبعة الأولى

حقوق النشر

تكنولوجيا وفسيولوجيا

ما بعد حصاد الخضر الثمرية

التداول والتخزين والتصدير

رقم الإيداع ، ٢٣٢٧٣ /٢٠١٠

I. S. B. N. : 977-258-388-7



للدار العربية للنشر والتوزيع

٣٢ شارع عباس العقاد - مدينة نصر - القاهرة

ت: ٢٢٧٥٢٣٣٥ فاكس: ٢٢٧٥٢٣٨٨

E-mail: aldar_alarabia1@yahoo.com

## مقدمة الناشر

يتزايد الاهتمام باللغة العربية في بلادنا يومًا بعد يوم. ولاشك أنه في الغد القريب ستستعيد اللغة العربية هيبتها التي طالما امتهنت وأذلت من أبنائها وغير أبنائها ولا ريب في أن امتهان لغة أية أمة من الأمم هو إذلال ثقافي فكري للأمة نفسها؛ الأمر الذي يتطلب تضافر جهود أبناء الأمة رجالاً ونساءً، طلابًا وطالبات، علماء ومثقفين، مفكرين وسياسيين في سبيل جعل لغة العروبة تحتل مكانتها اللائقة التي اعترف المجتمع الدولي بها لغة عمل في منظمة الأمم المتحدة ومؤسساتها في أنحاء العالم، لأنها لغة أمة ذات حضارة عريقة استوعبت – فيما مضى – علوم الأمم الأخرى، وصهرتها في بوتقتها اللغوية والفكرية، فكانت لغة العلوم والأدب، ولغة الفكر والكتابة والمخاطبة

إن الفضل في التقدم العلمي الذي تنعم به أوروبا اليوم يرجع في واقعه إلى الصحوة العلمية في الترجمة التي عاشتها في القرون الوسطى فقد كان المرجع الوحيد للعلوم الطبية والعلمية والاجتماعية هو الكتب المترجمة عن اللغة العربية لابن سينا وابن الهيثم والفارابي وابن خلدون وغيرهم من عمالقة العرب، ولم ينكر الأوروبيون ذلك، بل يسجل تاريخهم ما ترجموه عن حضارة الفراعنة والعرب والإغريق، وهذا يشهد بأن اللغة العربية كانت مطواعة للعلم والتدريس والتأليف، وأنها قادرة على التعبير عن متطلبات الحياة وما يستجد من علوم، وأن غيرها ليس بأدق منها، ولا أقدر على التعبير

ولكن ما أصاب الأمة من مصائب وجمود بدأ مع عصر الاستعمار البريطاني والفرنسي، عاق اللغة عن النمو والتطور، وأبعدها عن العلم والحضارة، ولكن عندما أحس العرب بأن حياتهم لابد من أن تتغير، وأن جمودهم لابد أن تدب فيه الحياة، اندفع الرواد من اللغويين والأدباء، والعلماء في إنماء اللغة وتطويرها، حتى أن مدرسة القصر العيني في القاهرة، والجامعة الأمريكية في بيروت درستا الطب بالعربية أول إنشائها ولو تصفحنا الكتب التي ألفت أو تُرجمت يوم كان الطب يدرس فيهما باللغة العربية لوجدناها كتبًا ممتازة لا تقل جودة عن مثيلاتها من كتب الغرب في ذلك الحين، سواء في الطبع، أو حسن التعبير، أو براعة الإيضاح، ولكن هذين المعهدين تنكرا للغة العربية فيما بعد، وسادت لغة المستعمر، وفُرضت على أبناء الأمة فرضًا، إذ رأى المستعمر في خنق اللغة العربية مجالاً لمرقلة الأمة العربية.

وبالرغم من المقاومة العنيفة التي قابلها، إلا أنه كان بين المواطنين صنائع سبقوا الأجنبي فيما يتطلع إليه، فتفننوا في أساليب التملق له اكتسابًا لمرضاته، ورجال تأثروا بحملات المستعمر الظالمة، يشككون في قدرة اللغة على استيعاب الحضارة الجديدة، وغاب عنهم ما قاله الحاكم الفرنسي لجيشه الزاحف إلى الجزائر "علموا لغتنا وانشروها حتى نحكم الجزائر. فإذا حكمت لغتنا الجزائر. فقد حكمناها حقيقة"

فهل لى أن أوجه نداءً إلى جميع حكومات الدول العربية بأن تبادر – فى أسرع وقت ممكن – إلى اتخاذ التدابير، والوسائل الكفيلة باستعمال اللغة العربية لغة تدريس فى جميع مراحل التعليم العام، والمهنى، والجامعى، مع العناية الكافية باللغات الأجنبية فى مختلف مراحل التعليم لتكون وسيلة الإطلاع على تطور العلم والثقافة والانفتاح على العالم وكلنا ثقة من إيمان العلماء والأساتذة بالتعريب، نظرًا لأن استعمال اللغة القومية فى التدريس ييسر على الطالب سرعة الفهم دون عائق لغوى، وبذلك تزداد حصيلته الدراسية، ويرتفع بمستواه العلمى، وذلك يعتبر تأصيلاً للفكر العلمى فى البلاد، وتمكينًا للغة القومية من الازدهار والقيام بدورها فى التعبير عن حاجات المجتمع، وألفاظ ومصطلحات الحضارة والعلوم

ولا يغيب عن حكومتنا العربية أن حركة التعريب تسير متابطئة، أو تكاد تتوقف، بل تحارب أحيانًا ممن يشغلون بعض الوظائف القيادية فى سلك التعليم والجامعات، ممن ترك الإستعمار فى نفوسهم عقدًا وأمراضًا، رغم أنهم يعلمون أن جامعات إسرائيل قد ترجمت العلوم إلى اللغة العبرية، وعدد من يتخاطب بها فى العالم لا يزيد عن خمسة عشر مليون يهوديًا. كما أنه من خلال زياراتى لبعض الدول واطلاعى وجدت كل أمة من الأمم تدرس بلغتها القومية مختلف فروع العلوم والآدب والتقنية، كاليابان، وإسبانيا، وألمانيا، ودول أمريكا اللاتينية، ولم تشك أمة من هذه الأمم فى قدرة لغتها على تغطية العلوم الحديثة، فهل أمة العرب أقل شأنًا من غيرها ؟!

وأخيرًا .. وتمشيًا مع أهداف الدار العربية للنشر والتوزيع، وتحقيقًا لأغراضها فى تدعيم الإنتاج العلمى، وتشجيع العلماء والباحثين فى إعادة مناهج التفكير العلمى وطرائقه إلى رحاب لغتنا الشريفة، تقوم الدار بنشر هذا الكتاب المتميز الذى يعتبر واحدًا من ضمن ما نشرته – وستقوم بنشره – الدار من الكتب العربية التى قام بتأليفها أو ترجمتها نخبة ممتازة من أساتذة الجامعات المصرية والعربية المختلفة.

وبهذا ننفذ عهدًا قطعناه على المضى قدما فيما أردناه من خدمة لغة الوحى، وفيما أرداه الله تعالى لنا من جهاد فيها

وقد صدق الله العظيم حينما قال فى كتابه الكريم: ﴿وَقُلِ اعْمَلُوا فَسَيَرَى اللَّهُ عَمَلَكُمْ وَرَسُولُهُ وَالْمُؤْمِنُونَ وَسَتُرَدُّونَ إِلَى عَالِمِ الْغَيْبِ وَالشَّهَادَةِ فَيُنَبِّئُكُم بِمَا كُنتُمْ تَعْمَلُونَ﴾. سورة التوبة الآية ١٠٥

محمد أحمد دربالة

الدار العربية للنشر والتوزيع

# المقدمة

أقدم للقارئ العربى فى هذا الكتاب عرضًا شاملاً لموضوع تفتقر إليه المكتبة العربية بشدة، فى الوقت الذى يحتاجه – بشدة كذلك – جميع العاملين فى مجالات إنتاج وتسويق وتصدير الخضر. فهذا الكتاب يتناول بالشرح المفصل كل ما يتعلق بعمليات حصاد، وتداول (إعداد، وتدريج، وتبريد أولى، وتعبئة .. إلخ)، وتخزين، وشحن، وتصدير محاصيل الخضر الثمرية، مع بيان للجوانب الفسيولوجية المتعلقة بكل محصول على حدة، والجوانب التكنولوجية الخاصة بتطبيقات التقنيات الحديثة فى شتى أنشطة ما بعد الحصاد

ونظرًا لأن محاصيل الخضر كثيرة ومتنوعة، كما تتنوع فى متطلباتها من عمليات التداول، فقد قسمت إلى نصفين فى كتابين مستقلين يتضمنان: الخضر الثمرية، والخضر غير الثمرية. ونعرض فى هذا الكتاب للخضر الثمرية التى تتضمن كلا من الطماطم (الفصل الأول)، والفلفل (الفصل الثانى)، والكنتالوب (الفصل الثالث)، والبطيخ (الفصل الرابع)، والخيار (الفصل الخامس)، والكوسة (الفصل السادس)، والفراولة (الفصل السابع)، والفاصوليا (الفصل الثامن)، والبسلة (الفصل التاسع)، وباقى الخضر الثمرية (الفصل العاشر). وغنى عن البيان أن كتابى الأول فى هذه السلسلة – الذى يتناول الأسس العامة لتداول وتكنولوجيا وفسيولوجيا ما بعد حصاد الحاصلات البستانية – يعد مدخلاً طبيعيًّا للتعمق فى دراسة هذا الموضوع على أسس علمية وتطبيقية

والله أسأل أن يكون قد حالفنى التوفيق فى تقديم إضافة جديدة للمكتبة العربية وللمعنيين بهذا المجال الهام

أ. د. أحمد عبد المنعم حسن



# محتويات الكتاب

الصفحة — الموضوع

**الفصل الثالث: الكنتالوب (القاوون) والشمام**

| الموضوع | الصفحة |
| --- | --- |

| الموضوع | الصفحة |
|---|---|

الفصل الثامن : الفاصوليا

الفصل الأول

# الطماطم

## نضج الثمار

### مراحل تكوين ونضج الثمار

تمر ثمار الطماطم حتى نضجها بالأطوار التالية:

١ — الثمار الخضراء غير المكتملة التكوين Immature Green:

من أهم مواصفات الثمار الخضراء غير المكتملة التكوين أن المادة شبة الجيلاتينية لا تكون قد ظهرت فى أى من مساكن الثمرة. كما لا تكون البذور قد اكتمل تكوينها. وإذا قطعت الثمرة بسكين حاد فإن البذور تقطع ولا تنزلق. وتلزم مدة تزيد عن ١٠ أيام، فى حرارة ٢٠°م، وهى على النبات لوصول هذه الثمار إلى طور بداية التلوين Breaker Stage. أما إذا قطفت وهى فى هذا الطور، فإنها لا تتلون.

٢ — طور الثمار الخضراء المكتملة التكوين جزئيًا Partially Mature Green:

تتميز الثمار فى هذا الطور بتكوّن المادة شبه الجيلاتينية فى مسكن واحد على الأقل، دون أن تظهر فى كل مساكن الثمرة، وتكون البذور مكتملة التكوين. وتحتاج هذه الثمار إلى ٥ — ١٠ أيام — فى حرارة ٢٠°م — حتى تصل إلى طور بداية التلوين وهى على النبات، وإذا قطفت الثمار — وهى فى هذا الطور — ، فإنها لا تتلون بصورة جيدة، وتصبح صلبة وجلدية عند إنضاجها صناعيًا.

٣ — طور الثمار الخضراء مكتملة التكوين Typical Mature Green:

تتميز الثمرة فى هذا الطور باكتمال نموها وتظهر عليها ندبة فلينية بنية فى موضع اتصالها بالعنق، كما يتغير لون الطرف الزهرى فيها من الأخضر الفاتح إلى الأخضر الباهت، أو الأخضر الضارب إلى الأصفر قليلا، وتكون الثمرة لامعة فى هذه المنطقة. تكون البذور مكتملة التكوين، ومحاطة جيدًا بالمادة شبة الجيلاتينية فى جميع المساكن، فتنزلق عند محاولة مسكها بين الأصابع، كما تنزلق البذور ولا تقطع عند قطع الثمرة

بسكين حاد. تحتاج هذه الثمار إلى ١ — ٥ أيام — فـى حـرارة ٢٠°م — حتـى تـصل إلى طور بداية التلوين، سواء أكان ذلك قبل الحصاد أم بعده

٤ — طور الثمار الخضراء مكتملة التكوين المتقدم Advanced Mature Green.

تتشابه الثمار فى هذا الطور مع الثمار الخضراء فى طور اكتمـال التكـوين، فيمـا عـدا ظهور بعض التلون الأحمر الداخلى. وتحتاج هذه الثمار إلى يوم واحد — فى حرارة ٢٠°م — لكى تصل إلى طور بداية التلوين (Grierson & Kader ١٩٨٦).

٥ — طور بداية التلوين Breaker:

تظهر بداية التلوين بوضوح فى هذا الطور، فيتغير لون الطرف الزهـرى مـن الأخـضر إلى الأصفر المخضر أو الوردى، أو الأحمر، ولا تزيد مساحة الجزء المتلون عـن ١٠ ٪ مـن مساحة الثمرة

٦ — طور التحول Turning.

تسمى الثمار فى هذا الطور فى مصر بـ "المخوصة". يظهر على الثمار فـى هـذا الطـور تحول واضح إلى اللون الأصفر المخضر أو الوردى، أو الأحمر، أو خليط مـن هـذه الألـوان فى مسـاحة ١٠٪ — ٣٠٪ من سطح الثمرة، ويكون التلون أكثر اكتمالا وتركيزًا فى الطرف الزهرى، بينما يظل باقى الثمرة باللون الأخضر الفاتح.

٧ — الطور الوردى Pink

يتحول فيه من ٣٠٪ إلى ٦٠٪ من سطح الثمرة إلى اللون الوردى أو الأحمر

٨ — طور النضج الأحمر الفاتح Light Red

تصل فيه المساحة الملونة بـاللون الأحمـر الـوردى، أو الـوردى إلى ٦٠٪ — ٩٠٪ مـن سطح الثمرة

٩ — طور النضج الأحمر Red أو التام:

تتراوح فيه المساحة الملونة باللون الأحمر من ٩٠٪ — ١٠٠٪ من سطح الثمرة

١٠ — طور النضج الزائد Over Ripe.

يبدأ هذا الطور بعد انتهاء تلوين الثمرة، وأهم ما يميزه بداية فقد الثمار لصلابتها

## سرعة التقدم فى مراحل تكوين ونضج الثمار

تصل الثمار عادة إلى طور اكتمال التكوين الأخضر بعد نحو ٣٥ — ٤٥ يومًا من التلقيح، بينما يستغرق وصولها إلى طور النضج الأحمر ٤٥ — ٦٠ يومًا من التلقيح (Lorenz & Maynard ١٩٨٠)، حيث تزداد المدة مع انخفاض درجة الحرارة، وتكون المدة الطويلة فى الجو المائل للبرودة. أما فى الجو البارد، فإن نضج الثمار يستغرق فترات أطول من ذلك، بينما يتوقف النضج تمامًا فى الجو شديد البرودة. ويوضح جدول (١-١) عدد الأيام التى تلزم لتحول ثمار الصنف فى إف ١٤٥ — بى — ٧٨٧٩ من أحد أطوار التكوين لأطوار أخرى أكثر تقدمًا فى الجو الدافئ.

جدول (١-١): عدد الأيام اللازمة لتحول ثمار الصنف فى إف ١٤٥ — بى — ٧٨٧٩ من أحد أطوار التكوين لأطوار أخرى أكثر تقدمًا.

| طور التكوين والنضج | عدد الأيام لحين وصول الثمار إلى طور النضج الوردى | عدد الأيام لحين وصول الثمار إلى طور النضج الأحمر |
|---|---|---|
| ثمار خضراء ناضجة جزئيا | ١١ | ١٨ |
| طور النضج الأخضر التام | ٧ | ١٤ |
| طور النضج الوردى | - | ٧ |

ولدرجة الحرارة شديدة الارتفاع تأثير سلبى على تلون ثمار الطماطم، مثلما للحراة شديد الانخفاض.

فيمكن لثمار الطماطم الخضراء التى تعرضت لحرارة ٤٠°م لمدة لا تزيد عن يوم واحد، أو لحرارة ٣٥°م لمدة لا تزيد عن يومين أن تتلون بصورة طبيعية إذا تعرضت بعد ذلك — مباشرة — لحرارة ٢٥°م، ولكنها تبقى خضراء اللون إذا ظلت فى الحرارة العالية (٣٥° أو ٤٠°م)، أو إذا نقلت بعد معاملة الحرارة العالية إلى ٣٠°م (Inaba & Chachin ١٩٩٨).

وفى دراسة معملية .. تمكن Cohen (١٩٩٦) من إنتاج ثمار طماطم بكرية صغيرة

مكتملة النضج بزراعة الأزهار غير مكتملة التكوين فى بيئات صناعية تحتوى على ١٠-٤ مولارًا من إندول حامض الخليك، وقد وجد أن إضافة الهرمون إلى بيئة النمو بتركيز ١٠-٤ مولارًا قبل مرحلة بداية التلوين أدى إلى زيادة الفترة التى استغرقها تحول الثمار من مرحلة بداية التلوين إلى مرحلة التلون الأحمر الكامل من ٧ أيام إلى ١٢ يومًا؛ الأمر الذى يفيد إمكان إحداث تغيرات جوهرية فى الفترة التى يستغرقها نضج الثمار بتغيير مستوى الأوكسين فيها

## تأثير المعاملات السابقة للحصاد على نوعية الثمار بعد الحصاد

### الرطوبة الأرضية

لوحظ فى الأوقات التى يسودها جو ممطر — عندما تعقبها أيام باردة تسوده الغيوم — قبل الحصاد — أن الثمار تكون أكثر عرضة للإصابة بأضرار البرودة عند التخزين، إلا أن الرى بالرش لا يُحدث هذا الأثر؛ الأمر الذى يعنى وجود عامل أو عوامل أخرى تؤثر على الحساسية لأضرار البرودة غير الرطوبة الأرضية غير أن Dodds وآخرين (١٩٩٦) وجدوا أن ارتفاع منسوب الماء الأرضى أدى إلى زيادة حساسية الطماطم للإصابة بأضرار البرودة.

### المعاملات السمادية

من المعلوم أن تسمم نباتات الطماطم الناشئ عن زيادة التسميد الأمونيومى يؤدى إلى إنتاج غاز الإثيلين من النموات الخضرية. وقد توصل Barker & Ready (١٩٩٤) إلى نتائج مماثلة بالنسبة للثمار، حيث وجدا أن نباتات الطماطم التى اعتمدت فى تغذيتها على النيتروجين الأمونيومى ازدادت فيها نسبة الإصابة بتعفن الطرف الزهرى، وكانت ثمارها أكثر إنتاجًا للإثيلين مقارنة بثمار النباتات التى اعتمدت فى تغذيتها على النيتروجين النتراتى، والتى لم تظهر عليها زيادة غير عادية فى إنتاج الإثيلين

وبصفة عامة فإن أضرار البرودة تزداد — عند التخزين — بزيادة معدلات التسميد بكبرتيات الأمونيوم، وتقل بزيادة التسميد بأى من الفوسفور أو البوتاسيوم (عن Dodds وآخرين ١٩٩٦) هذا إلا أن Dodds وآخرون (١٩٩٦) لم يجدوا تأثيرا لمعدلات التسميد

بأى من البوتاسيوم أو الكالسيوم فى الحقل على الحساسية للإصابة بأضرار البرودة بعد الحصاد

وبالمقارنة .. يُستدل من دراسات Garcia وآخرين (١٩٩٥) أن رش نباتات الطماطم بكلوريد الكالسيوم تسع مرات – بتركيز ٠,١ مولار – بداية من الشهر الثانى بعد الشتل أدى إلى زيادة صلابة الثمار أثناء التخزين وزيادة محتواها من المواد الصلبة الذائبة الكلية، ولكن مع زيادة – كذلك – فى سرعة تلون الثمار، وفى سرعة فقدها لوزنها

كذلك وجد Hong وآخرون (١٩٩٥) أن زيادة تركيز الكالسيوم فى المحاليل المغذية لمزارع الطماطم المائية – مع قطف الثمار وهى خضراء مكتملة النمو – أدى إلى تأخير نضجها. وظهر ذلك فى صورة تأخير فى تلوّن الثمار، وبطء فقدها لصلابتها، ونقص فى معدل إنتاجها لغاز الإثيلين، مقارنة بثمار النباتات التى أعطيت مستويات عادية من الكالسيوم. وبالمقارنة .. لم تكن لمعاملة الكالسيوم أية تأثيرات على الثمار التى قطفت فى مرحلة بداية التلوين. وقد ازداد المحتوى البكتينى لثمار الطماطم بزيادة تركيز الكالسيوم.

## التغذية بغاز ثانى أكسيد الكربون

وجد Behboudian & Tod (١٩٩٥) أن زيادة تركيز غاز ثانى أكسيد الكربون فى حجرات النمو إلى ١٠٠٠ جزء فى المليون أدى إلى زيادة محتوى الثمار من السكروز، والجلوكوز، والفراكتوز، والمواد الصلبة الذائبة الكلية عما فى ثمار الكنترول التى نُميّت نباتاتها فى الهواء العادى. كما أدت المعاملة بثانى أكسيد الكربون إلى إبطاء نضج الثمار، ونقص معدل تنفسها ومعدل إنتاجها من الإثيلين. مقارنة بثمار النباتات التى لم تتلق تلك المعاملة، وجميعها تغيرات مرغوب فيها.

كما وجد Islam وآخرون (١٩٩٥) أن زيادة تركيز غاز ثانى أكسيد الكربون خلال فترة نمو وتكوين الثمار أحدثت نقصًا جوهريا فى محتوى الثمار من أحماض الستريك والماليك والأوكساليك، مع زيادة جوهرية فى تركيز السكريات المختزلة، وفى دكنة اللون الأحمر أثناء التخزين فى حرارة ٢٠°م.

## المعاملة بالإثيفون قبل الحصاد

### أهمية المعاملة بالإثيفون

أوضحت عديد من الدراسات أن معاملة نباتات الطماطم بالإثيفون Ethephon قبل الحصاد تؤدى إلى سرعة نضج الثمار، وتركيز النضج خلال فترة زمنية قصيرة، وهو الأمر الذى يؤدى إلى زيادة المحصول فى حالة إجراء الحصاد آليًا، بدون تأثير على نوعية الثمار. ففى إحدى الدراسات أدت المعاملة بالإثيفون بمعدل ٣٧٥ مل (سم$^3$) للفدان إلى تبكير الحصاد الآلى بنحو ١٢ — ١٤ يومًا، زيادة المحصول بمقدار ٥ — ١٠ أطنان للفدان، مع زيادة نسبة الثمار الصالحة للتسويق من ٥٩٪ إلى أكثر من ٩٠٪ ( Dostal & Wilcox ١٩٧١) وفى دراسة أخرى أدت المعاملة بالإثيفون إلى تبكير النضج بنحو ١٠ أيام، مع نقص وزن الثمرة فى الأصناف ذات الثمار الكبيرة ( Splittstoesser & Vandemark ١٩٧١)

**وتفيد المعاملة بالإثيفون فى الحالات التالية:**

١ — عند الرغبة فى إسراع النضج مبكرًا فى الربيع للاستفادة من ارتفاع الأسعار، كما يكون عليه الحال خلال الفترة الممتدة من حوالى منتصف شهر مارس إلى آخر شهر أبريل فى مصر يسمح ذلك ببدء الحصاد مبكرًا بنحو ٥–٧ أيام.

٢ — عند الرغبة فى إسراع النضج فى الخريف، لتجنب التعرض للصقيع فى المناطق التى يحدث فيها صقيع.

٣ — عند الرغبة فى تركيز نضج الثمار خلال فترة زمنية قصيرة، لتسهيل الحصاد اليدوى، أو لأجل الحصاد الآلى

٤ — زيادة المحصول فى حالات العقد غير المستمر؛ حيث توجد فترتان للعقد تفصلها فترة بدون عقد

٥ — التغلب على مشكلة النضج المتأخر فى الحقول ذات النمو الخضرى الزائد

٦ — خفض تكاليف فرز الطماطم حسب درجة النضج، لأن نضج لثمار يكون متجانسًا

٧ — تقليل الفقد فى وزن الثمار — الذى يحدث خلال الفترة التى يتطلبها اكتمال النضج — لأن النضج يكون سريعًا.

٨ — تقليل الشروط والمواصفات التى يتعين توفرها فى غرف الإنضاج.

٩ — احتفاظ الثمار — التى تنضج بعد المعاملة بالإثيفون — بمحتوى من حامض الأسكوربيك أكثر ارتفاعًا عما يكون عليه الحال فى الثمار التى تنضج طبيعيًا دون أن تعامل بالإثيفون.

ويترتب على المعاملة بالإثيفون بتركيز ١٢٥ — ٥٠٠ جزء فى المليون — سواء أكانت المعاملة للنباتات قبل الحصاد بفترة قصيرة، أم للثمار بعد الحصاد مباشرة — إلى تقصير الفترة التى يستغرقها نضج الثمار ما بين ٥ أيام و ١٢ يومًا، حسب التركيز المستخدم والصنف المستعمل (Kaynas وآخرون ١٩٩٢).

هذا .. إلا أن الثمار لا تزداد فى الحجم كثيرًا بعد المعاملة.

## الأمور التى تجب مراعاتها عن المعاملة بالإثيفون

يجب أن تؤخذ الأمور التالية فى الحسبان لأجل ضمان فاعلية المعاملة بالإثيفون:

١ — عدم معاملة الحقول التى تكون نباتاتها ضعيفة النمو أو معرضة لأى شدّ؛ ذلك لأن المعاملة بالإثيفون يمكن أن تُحدث سقوطًا لبعض أوراق النبات؛ مما يعرض النباتات الضعيفة النمو الإصابة ثمارها بلسعة الشمس.

٢ — لا تجوز المعاملة بالإثيلين إذا كان من المتوقع ارتفاع الحرارة عن ٣٢°م.

٣ — لا تفيد المعاملة بالإثيفون فى إسراع نضج الثمار غير الناضجة؛ فهى يجب أن تكون خضراء مكتملة التكوين لكى تفيد معها المعاملة. وأفضل وقت للمعاملة هو عندما تكون ٥٪ — ١٥٪ من الثمار فى الحقل — بالعدد — وردية أو حمراء اللون. ولا تستفيد الحقول التى تزيد فيها نسبة الثمار — التى بدأت فى التحول اللونى — أو كانت فى أى درجة من درجات التلوين تزيد عن ٤٠٪ — من المعاملة.

٤ — عدم رش مساحات تزيد عما يمكن حصاده فى اليوم الواحد؛ نظرًا لأن

ثمار النباتات المرشوشة لا تبقى بحالة جيدة على "العرش" كثمار النبتات غير المعاملة.

٥ — تتباين الأصناف فى قوة النمو وصفات الأوراق؛ ومن ثم فى مدى استجابتها لمعاملة الإثيفون هذا وتحصد الثمار — عادة — بعد نحو ٢-٣ أسابيع من المعاملة حسب درجة الحرارة.

٦ — لا يخلط الإثيفون مع المبيدات، كما يستعمل محلول الرش أولاً بأول. ولا يترك ولو حتى إلى صباح اليوم التالى.

## توقيت معاملة حقول الطماطم بالإثيفون ومعدلاتها

يعتبر الرش بالإثيفون إحدى معاملات منظمات النمو التى تتبع على نطاق تجارى واسع فى ولاية كاليفورنيا الأمريكية. وتجرى المعاملة فى الحقول المعدة للحصاد الآلى سواء أكانت من أصناف التصنيع، أم من أصناف الاستهلاك الطازج. ويقرر المزارع بنفسه أهمية إجراء المعاملة عند تعرض الحقل لظروف بيئية غير مناسبة مثل الجفاف، أو سوء التغذية، أو أى عامل يحد من النمو الجذرى، أو التعرض للإصابات المرضية أو الحشرية.

ولا تجوز المعاملة بالإثيفون فى الحالات التى تتجاوز فيها النباتات المرحلة المناسبة للمعاملة، أو عندما يكون التبكير فى الحصاد أمرًا غير مرغوب فيه لأسباب تتعلق بعملية الحصاد أو التسويق. ولا تجرى المعاملة إلا فى مرحلة معينة من النضج، وهى عندما تكون الثمار ما بين مرحلة النضج الأخضر، و ٥٪— ١٠٪ تلوين. وتقدر حالة النضج فى الحقل بتقليع ٣ — ٥ نباتات من عدة أماكن ممثلة للحقل. وهزها بقوة حتى تسقط الثمار، ثم تستبعد الثمار التى يقل قطرها عن ٢,٥ سم. وتقسم الثمار الباقية إلى ٣ مجاميع خضراء غير مكتملة التكوين، وخضراء مكتملة التكوين، وملونة بأية درجة من بداية التلوين حتى الأحمر التام. وتقطع الثمار الخضراء للتأكد من كونها مكتملة أم غير مكتملة التكوين. ثم يلى ذلك تقدير نسبة الثمار فى كل مجموعة بالوزن، أو بالعدد.

يكون معدل استخدام الإيثيفون حوالى ٠.٥ — ١٠ لتر للفدان فى الحرارة العالية،

يزداد إلى ١.٢٥ — ١,٧٥ لترًا في الجو المعتدل والمائل إلى البرودة، وإلى ٢ لتر في الجو البارد. تذاب هذه الكميات في كمية الماء التي تلزم لرش فدان (٢٠٠ — ٦٠٠ لتر حسب نوع الرشاشات المستخدمة). ولا تفيد زيادة كمية الإثيفون عن ٢ لتر للفدان لأنها تؤدى إلى سقوط نسبة عالية من الأوراق، وخفض جودة الثمار.

وأفضل حرارة لإجراء المعاملة عندها هى ٢٤ — ٢٩°م.

ويجرى الحصاد — عادة — بعد نحو ١٤ — ١٨ يومًا من المعاملة.

## معاملة الفئات الصنفية المختلفة بالإثيفون

### معاملة أصناف طماطم التصنيع

يراعى عند معاملة حقول التصنيع أن أكثر الثمار استجابة للمعاملة بالإثيفون هى الخضراء مكتملة التكوين، والتي يلزم أن تكون نسبتها من ٥٠٪ – ٦٠٪، بينما لا تزيد نسبة الثمار الملونة عن ٥٪ – ١٥٪ عند المعاملة. تجرى المعاملة مرة واحدة خلال الموسم بمعدل ٨٠ — ٤٠٠ لتر من محلول الرش الذى يتوقف تركيزه على درجة التبكير فى النضج، ودرجة الحرارة السائدة.

ففى الجو الحار يستخدم الإثيفون فى الأصناف المبكرة بمعدل ١٨٠ مل (سم$^3$) للفدان عند تلون ٥٪ – ١٥٪ من الثمار، وتستمر باقى العمليات الزراعية بصورة طبيعية حتى الحصاد الذى يكون عادة بعد ١٢ — ١٥ يومًا. وفى الأصناف المتوسطة فى موعد النضج، مثل: فى إف ١٤٥ — بى — ٧٨٧٩، يستخدم الإثيفون بمعدل ٣٦٠ مل للفدان عند تلون ١٠٪ – ٢٠٪ من الثمار، أو عند تلون ٢٥٪ – ٣٥٪ من الثمار فى الأصناف الأكثر صلابة، ويجرى الحصاد عادة بعد ١٤ — ١٦ يومًا من المعاملة. ولا ينصح بإجراء المعاملة عند ارتفاع الحرارة عن ٤١°م.

أما فى الجو البارد، فيستخدم الإثيفون فى الأصناف المبكرة الصلبة بمعدل ٣٦٠ مل للفدان عند تلوين ٢٥٪ – ٣٥٪ من الثمار. ويستخدم الإثيفون فى الأصناف المتوسطة النضج بمعدل ٤٥٠ مل للفدان عند تلوين ١٥٪ – ٢٠٪ من الثمار

وتعامل الأصناف المتأخرة معاملة الأصناف متوسطة النضج، ولكنها تستغرق وقتًا أطول حتى الحصاد كما يجب وصول محلول الرش إلى معظم الأسطح النباتية ولا يجوز خلط الإثيفون بأية مادة أخرى (Sims وآخرون ١٩٧٩)

## معاملة أصناف الاستهلاك الطازج

يراعى عند معاملة حقول الاستهلاك الطازج أن تتم هذه المعاملة قبل الحصاد بنحو ٣ — ٦ أيام عند تلون حوالى ٥٪ – ١٠٪ من الثمار ؛ إذ تؤدى المعاملة فى هذا الوقت إلى إسراع نضج الثمار بعد الحصاد، فلا يستغرق التلوين التام لكل الثمار سوى ٣ أيام عند المعاملة قبل الحصاد بستة أيام، و٦ أيام عند المعاملة قبل الحصاد بثلاثة أيام، بينما يستغرق التلون التام لثمار النباتات غير المعاملة مدة ١٢ يومًا بعد الحصاد، ويعنى ذلك إسراع تلون الثمار الخضراء الناضجة فى العبوات أثناء الشحن والتسويق، مما يقلل الاختلافات فى درجة التلوين فى العبوة الواحدة

ويستخدم الإثيفون بمعدل ١,٥–٢ لتر للفدان فى ١٦٠ لتر ماء ويوصى بالتركيز العالى عند المعاملة قبل الحصاد بستة أيام، وعند انخفاض درجة الحرارة عن ٣٠°م، وعندما يكون النمو الخضرى غزيرًا، وتقل الكمية المستعملة من محلول الرش عندما تقتصر المعاملة على خطوط الزراعة فقط، كما لا ينصح بالمعاملة بالإثيفون عند ارتفاع درجة الحرارة عن ٣٨°م، لأن المعاملة حينئذ تؤدى إلى سقوط بعض أوراق النباتات، مما يؤدى إلى تعرض الثمار للإصابة بلفحة الشمس. ويجب ألا تتعرض النباتات لأية ظروف بيئية غير مناسبة، أو لإصابات مرضية أو حشرية أثناء المعاملة أو بعدها مباشرة ( Sims & Scheuerman ١٩٧٩)

## معاملة أصناف طماطم الزراعات المحمية

يمكن أن تبكر المعاملة بالإثيفون من نضج الثمار فى الزراعات المحمية ففى إحدى الدراسات وجد أن معاملة العناقيد الثمرية بعد ١٥ — ٣٥ يومًا من تفتح الأزهار بتركيز ٥٠٠ جزء فى المليون أسرعت من وصول الثمار إلى طور بداية التلوين بنحو ٧ أيام،

وأحدثت زيادة في المحصول المبكر. ولكنها لم تؤثر على المحصول الكلـى ( Iwahori & Lyons ١٩٧٠).

## معاملة الأصناف ذات الثمار الكريزية

يشكل حصاد الثمار نسبة كبيرة من تكلفة الإنتاج في الأصناف ذات الثمار الكريزية. وهي التي تزرع – غالبًا – في البيوت المحمية وقد وجـد Ohta وآخـرون (١٩٩٢) أنـه يمكن حصاد العناقيد الثمرية كاملة بخفها على ١٥ ثمرة للعنقود غير المتفرع أو علـى ٢٠ ثمرة للعنقود المتفرع، ثم رش العنقود كله بالإثيفون بتركيز ٢٠٠ جـزء فـي المليـون أدت هذه المعاملة إلى تجانس نضج الثمار، وزيادة محتواها من المـواد الـصلبة الذائبـة الكليـة، دون التأثير على وزنها أو محتواها من الأحماض، ولكـن مـع فقـد جلـد الثمـرة وجـدرها لبعض من صلابتها

## المعاملة بالـ LPE مقارنة بالإيثفون

وجـد Farag & Palta (١٩٩٣) أن رش نباتـات الطمـاطم جيـدًا بـأى مـن: الإثيفـون بتركيز ١٠٠ جزء في المليون، أو بمحلـول مـن lysophosphatidylethanol-amine (وهـو دهـن طبيعـي يكتـب اختـصارًا LPE) بتركيـز ١٪ فـي الميثـانول قبـل الحـصاد بنحـو أسـبوعين. أدى رشها إلى زيـادة نـسبة الثمـار الـصلبة الناضـجة جيـدًا – فـي أى مـن المعاملتين – إلى حوالى ٥٠٪، مقارنة بنحو ١٨٪ في معاملة الشاهد التـي رشـت بالمـاء ولكن الأوراق التي رشت بالإثيفون جفت، بينمـا لم يظهـر سـوى بعـض الأصـفرار علـى الأوراق في كل مـن حـالتي الـرش بالـ LPE والكـنترول. وقـد احتفظـت الثمـار الـصلبة بجودتها لمدة ٥ أيام في حرارة ٢٢°م كمـا ترتـب علـى أى مـن المعـاملتين زيـادة نـسبة الثمار المخزنة التي ظلت محتفظة بصلابتها بعد التخزين إلى حوالى ٥٥٪، مقارنـة بنحـو ٢٨٪ في الكنترول، مع انخفاض في نسبة الثمار التي تعفنت إلى نحو ٦٪، مقارنة بنحو ٢٣٪ في الكنترول وقد أدت معاملة النباتـات بكـلا المـركبين معًـا (الإثيفـون والـ LPE بتركيز ١٠٠ جزء في المليون لكل منهما) إلى زيادة نسبة الثمار الصالحة للتسويق، ونقص

نسبة الثمار الخضراء عند الحصاد، مع زيادة نسبة الثمار التى احتفظت بجودتها بعد التخزين عما فى معاملة الكنترول

**الحصاد**

## مراحل التكوين والنضج المناسبة للحصاد

عند اختيار مرحلة النمو والنضج المناسبة للحصاد تجب مراعاة ما يلى:

١ – الثمار الخضراء غير مكتملة التكوين: لا تصلح للقطف، ولا تتلون بعد الحصاد

٢ – الثمار الخضراء مكتملة التكوين جزئيًا: لا تصلح أيضًا، ولا تتلون بصورة جيدة بعد الحصاد، ولا تكتسب الخصائص الجيدة الصالحة للأكل، حتى لو أنضجت صناعيا

٣ – الثمار الخضراء مكتملة النمو: تتلون باللون الأحمر التام بعد قطفها بنحو ١٨ يومًا فى الجو الدافئ، وتكون خصائصها الصالحة للأكل جيدة عند اكتمال نضجها تصلح للتصدير إلى مسافات بعيدة

إن الحد الأدنى لمرحلة اكتمال التكوين الذى يمكن أن تقطف عنده ثمار الطماطم هو هذا الطور الذى يعرف أيضًا بالاسم Mature Green 2، وفيه يكون قد اكتمل تكوين البذور، ولا تقطع فيه البذور عند قطع الثمار بشفرة حادة، ويكون قد تقدم تكوين الجل فى مسكن واحد – على الأقل – من مساكن الثمرة، بينما يكون الجل فى طريقة للتكوين فى باقى المساكن (Suslow & Cantwell ٢٠٠٦)

وتحصد طماطم الاستهلاك الطازج – لأجل الشحن البحرى لفترات طويلة أو لأجل حمايتها من الإصابة بأضرار البرودة – بقطفها وهى خضراء ناضجة أو فى طور التحول، مع إنضاجها صناعيًا بالمعاملة بغاز الإثيلين لمدة ١٢ – ١٨ ساعة على ٢٠°م. أما طماطم التصنيع فإن النباتات تُعامل – لإسراع نضجها – بالرش بالإثيفون حينما تكون ١٠٪ من ثمارها فى أى درجة من درجات التلوين

٤ – الثمار التى فى طور التحول: تصلح للتصدير إلى مسافات غير بعيدة

٥ – الثمار التى فى طور النضج الوردى لا تزال تحتفظ بصلابتها، وتصلح للقطف بغرض التصدير للدول العربية، أو التسويق المحلى فى الجو الدافئ

ويلاحظ أن الثمار ذات الصلاحية الممتدة للتخزين extended shelf-life (وهى الصفة التى تعود – غالبًا – إلى أحد الجينين rin أو nor) لا يجوز حصادها قبل وصولها إلى مرحلة النضج الوردى والتى يكون فيها ٣٠٪ – ٦٠٪ من سطح الثمار بلون وردى.

٦ – الثمار التى فى طور النضج الأحمر تصلح الثمار التى فى بداية هذا الطور للتسويق المحلى فى الجو البارد، بينما لا تصلح الثمار التى فى نهاية هذا الطور إلا للتصنيع فقط.

تقطف الطماطم العنقودية cluster tomato – عادة – عندما يبدأ ظهور اللون الأحمر على أقل الثمار نضجًا. ومن الصفات الهامة فى الطماطم العنقودية تجانس لون الثمار، ونضارة العنق، وعدم سقوط الثمار من العنقود، ويكون تعبئتها – عادة – فى طبقة واحدة

٧ – لا تصلح الثمار التى فقدت صلابتها ودخلت فى طور النضج الزائد للحصاد، حتى ولو بهدف التصنيع، وذلك لأنها تتفلق ويخرج منها العصير، وتسبب مشاكل كثيرة أثناء التداول، كما تتسبب فى زيادة التلوث الميكروبى، وما يستتبعه ذلك من زيادة تكاليف التعقيم، وتدهور نوعية المنتجات المصنعة

٨ – لا يجب أبدًا ترك حقول الطماطم دون حصاد حتى انفصال أو قرب انفصال وسقوط الثمار من عناقيدها، وهو الأمر الذى يحدث على النحو التالى. بعد أسبوع من بداية وصول ثمار الطماطم إلى طور النضج التام تبدأ خلايا برانشيمية الخشب فى منطقة الانفصال الأولية فى الاستطالة فى الاتجاه الطولى بدرجة أكبر عما يجاورها من خلايا. وبعد عشرة أيام أخرى يكتمل استطالة تلك الخلايا، إلاّ أن جدرها تتحلل؛ لتترك فجوات كبيرة بين خلوية؛ وحينئذ يحدث انفصال الثمار وفى الوقت ذاته تتلجنن الخلايا فى منطقة الانقسام الثانوى للخلايا فى الجانب القريب من منطقة الانفصال، لتعمل كطبقة حامية (Tabuchi وآخرون ٢٠٠٠)

٩ – تحصد أصناف الاستهلاك الطازج آليًا عندما تبلغ الثمار التي تخطت طور اكتمال النمو وهي خضراء – وأصبحت في أية درجة من درجات التلوين – نحو ٢٠٪ من الثمار بالعدد وتقدر النسبة بتقليع عدة نباتات، وهزها جيدًا – كما تفعل آلة الحصاد – لإسقاط كل الثمار التي تسقط عادة من النموات الخضرية عند إجراء الحصاد آليًا، ثم تعد الثمار التي تخطت طور اكتمال النمو الأخضر، وتحسب نسبتها من العدد الكلي وقد يكون من الأفضل بدء الحصاد في مرحلة مبكرة قليلا – وعندما تبلغ نسبة الثمار الملونة ٥٪ – ١٠٪ فقط – ذلك لأن طاقم العمل يكون بطيئًا في البداية، ويستمر كذلك إلى أن تنتظم عملية الحصاد

١٠ – تحصد أصناف التصنيع آليًا عندما تبلغ نسبة الثمار التي تخطت طور اكتمال التكوين الأخضر – وأصبحت في أية درجة من درجات التلوين – حوالي ٨٠٪ من الثمار بالعدد وتقدر هذه النسبة بنفس الطريقة السابقة وتجدر الإشارة إلى أن نسبة الثمار الملونة تزيد بمعدل ٣٪ – ٤٪ يوميًا، أي أن نسبة الثمار التي تخطت طور اكتمال التكوين الأخضر تصبح بنسبة ٩٥٪ – ١٠٠٪ خلال ٥ أيام من بداية الحصاد

**هذا .. ويفقد فدان طماطم التصنيع حوالي ٥ أطنان من المواد الصلبة الذائبة، ويعتقد أن بالإمكان مضاعفة هذا الرقم إذا ما أعطي اهتمام كاف للأمور التالية:**

١ – زيادة التحكم في كثافة الزراعة بتعديل المسافة بين النباتات وزيادة عرض المصاطب

٢ – تحسين التغذية النباتية

٣ – تربية أصناف جديدة ذات دليل حصاد أعلى مما في الأصناف الحالية

٤ – حصاد الثمار في التوقيت الأمثل

٥ – تحسين توقيت الري، وخاصة بالقرب من الحصاد (Nichols ٢٠٠٦)

## تأثير مرحلة تكوين ونضج الثمار عند الحصاد على المحصول وصفات الجودة

إن الطماطم التي تقطف قبل اكتمال نضجها، ثم تكمل نضجها بعد الحصاد على ٢٠ °م لا تكون بنفس جودة الثمار التي تقطف وهي حمراء مكتملة النضج، حيث تكون أقل منها حلاوة، وأكثر حموضة، ولا يظهر بها "طعم الطماطم" بنفس قوة ظهوره في الطماطم التي تقطف حمراء، كما يظهر طعم غير عادي غير مرغوب فيه (Kader وآخرون ١٩٧٧).

كذلك كانت ثمار عدد من أصناف الطماطم الشيري أعلى في كل من الـ pH ومحتواها من المواد الصلبة الذائبة الكلية، والجلوكوز، والفراكتوز، والسكروز عندما تركت لتنضج على النبات عما لو كان حصادها في طور التحول وتركت لتنضج في المخزن (Yu وآخرون ١٩٩٧).

وعلى الرغم من ذلك، فإن معظم مساحات الطماطم المخصصة للاستهلاك الطازج في الولايات المتحدة تحصد بعد اكتمال نمو ثمارها وهي خضراء، أو في مرحلة التحول كحد أقصى. والهدف من ذلك أن تصل الثمار إلى المستهلك قبل أن تصبح زائدة النضج، وألا تتعرض للتهتك أثناء شحنها وتداولها. كذلك فإن حصاد الثمار وهي خضراء ناضجة يقلل عدد المرات التي تلزم لحصاد المحصول إلى مرتين أو ثلاثة مرات فقط، مقارنة بنحو ٦ — ٨ مرات عند حصادها في طور النضج الوردي

ونظرًا لأنه لا يمكن التأكد من وصول الثمرة إلى مرحلة اكتمال النمو — وهي خضراء — إلا بعد قطعها بالسكين لرؤية المشيمة الجيلاتينية المحيطة بالبذور؛ لذا . يوصى بالانتظار لحين وصول نسبة بسيطة من الثمار إلى مرحلة النضج الوردي، حيث تحصد — حينئذ — كل ثمار العنقود الأول، أو كل الثمار التي لا تقل عن حجم معين ويترتب على ذلك أن نسبة من الثمار التي يتم حصادها على اعتبار أنها خضراء مكتملة التكوين غير مكتملة النمو ولا تتلون بصورة طبيعية بعد قطفها، أو تكون رديئة النوعية عند نضجها

وقد وجد Davis & Gardner (١٩٩٤) أن حصاد ثمار الاستهلاك الطازج وهي خضراء مكتملة النمو يكون مصاحبا بنقص معنوي في المحصول وفي متوسط وزن الثمرة، مقارنة بحصادها في طور النضج الوردي ولم يكن لمرحلة التكوين والنضج أية تأثيرات على معدلات الإصابة بمختلف العيوب الفسيولوجية باستثناء تشققات الثمار التي ازدادت نسبتها في الثمار التي حصدت في طور النضج الوردي، مقارنة بتلك التي حصدت وهي خضراء مكتملة النمو وقد ترتب على ذلك تساوي مرحلتي النضج — عند الحصاد — في المحصول الخالي من التشققات هذا إلا أن الحجم الأكبر للثمار التي تحصد وهي في مرحلة النضج الوردي يعني حصول المنتج على سعر أعلى فيها، مقارنة بسعر بيعه للثمار التي تحصد وهي خضراء مكتملة التكوين، والتي تكون أصغر حجمًا.

## طرق الحصاد

يمكن حصاد الطماطم إما يدويًا، وإما آليًا

### الحصاد اليدوي

يجري الحصاد اليدوي بإدارة الثمرة برفق فتنفصل عن النبات بسهولة ويكون قطف الثمار كل ٤ أيام في الجو الحار، وكل ٧ — ١٠ أيام في الجو البارد.

وإذا فصلت الثمرة عند المفصل joint — الأمر الذي يحدث غالبا عندما يكون عنق الثمرة ذا مفصل jointed — فإنه يتعين إزالة الجزء المتبقي من عنق الثمار مع الكأس؛ لكي لا يخترق هذا الجزء الثمار التي تجاوره أثناء عمليات التداول، وفي عبوات الشحن أو التخزين؛ الأمر الذي يؤدي إلى إصابة الثمار بالكائنات الدقيقة المسببة للأعفان، ويزيد من فاقد الثمار بعد الحصاد أما في أصناف الطماطم التي تكون أعناق ثمارها بدون مفصل jointless، فإن الثمار تنفصل بدون عنق؛ الأمر الذي يوفر حوالي ٢٥٪ من الوقت الذي تستغرقه عملية الحصاد اليدوي (Zahara & Scheuerman ١٩٨٨)

وتحصد ثمار الأصناف الكريزية منفردة — غالبًا — وهي في مرحلة نصف تلوين، أو بعدما تصل إلى طور النضج الوردي، وهي عملية مكلفة. نظرًا للوقت الطويل الذي تستلزمه عملية الحصاد كما يتطلب حصاد العناقيد العليا الوقوف على سلالم، لأن

النباتات يسمح لها بالنمو الرأسى لارتفاع يصل إلى ٣ – ٥ ٣ م قبل أن يتدلى نموها القمى إلى أسفل.

وقد وجد Kagan Zur & Mızrahi (١٩٩٣) أن الهجن العنقودية الخليطة فى الجين nor (والتى يكون تركيبها الوراثى +/nor) – مثل BR124 – يمكن حصادها بالعنقود (وليس بالثمار المفردة) بشرط توفر الظروف التالية.

١ – الاكتفاء بنحو ١١ – ١٢ ثمرة فى كل عنقود، لكى يمكن للثمار الأولى أن تحتفظ بحودتها لفترة مناسبة تصل إلى نحو ٢ – ٣ أسابيع من بداية تلوينها

٢ – إجراء الحصاد بعدما تتكون بالفعل الثمرة الأخيرة التى سيتم الاكتفاء بها (الثمرة رقم ١٢)

٣ – معاملة العناقيد بحرص لكى لا تنفرط الثمار من العناقيد أثناء تداولها.

هذا علمًا بأن الثمار الخضراء المتبقية على العنقود لا تنضج بشكلٍ مرضٍ

**ويتعين عند حصاد ثمار طماطم الاستهلاك الطازج يدويًا مراعاة ما يلى:**

١ – غسيل الأيدى جيدًا.

٢ – لا تُحصد إلاّ الثمار الجاهزة للحصاد، مع ترك الثمار غير المكتملة التكوين للقطفة التالية، ومع الانتهاء من حصاد جميع ثمار النبات قبل الانتقال إلى النبات التالى

٣ – عدم الضغط على الثمار أو تجريحها أو اختراقها بالأظافر.

٤ – عدم الاحتفاظ فى اليد بعدد من الثمار أكثر من الممكن؛ لأن ذلك يؤدى إلى سقوط بعضها، ومن ثم تجريحها وخفض كفاءة عملية الحصاد ذاتها

٥ – عدم وضع أى مخلفات نباتية أو ثمار غير صالحة للتسويق مع الثمار الجيدة فى عبوات الحصاد

٦ – عدم القذف بالثمار فى عبوات الحقل.

٧ – نقل الثمار بلطف ومن على ارتفاع منخفض من عبوات الحقل إلى عبوات نقل المحصول

## الحصاد الآلى

يجرى الحصاد الآلى دفعة واحدة باستخدام آلات كبيرة تقوم بتقليع النباتات، ونقلها على "كاتينة" متحركة إلى داخل الآلة، حيث تتعرض لاهتزازات شديدة تؤدى إلى سقوط الثمار وتنتقل الثمار بعد ذلك بواسطة سيور متحركة أمام عمال يقومون بفرزها، واستبعاد الثمار غير الناضجة، وزائدة النضج، والمصابة بالأمراض والعيوب الفسيولوجية ويستمر تحرك الثمار إلى أن تسقط فى عربة نقل تتحرك فى الحقل إلى جانب آلة الحصاد

يبدأ حصاد حقول أصناف الاستهلاك الطازج عندما تصل نسبة الثمار فى أية درجة من درجات التلوين إلى ٥٪ – ١٠٪، ويفضل أن تكون النسبة ٢٠٪، ويتوقف حصادها آليًا عندما تزيد النسبة عن ٢٥٪، حتى لا تتعرض الثمار للتلف (Sims & Scheuerman ١٩٧٩) ويبدأ الحصاد فى أصناف التصنيع عندما تبلغ نسبة الثمار فى أية درجة من درجات التلوين ٨٠٪، ويفضل أن تكون النسبة ٩٠٪، ويتوقف حصادها آليًا عندما توجد نسبة عالية من الثمار زائدة النضج، لأنها تكون طرية، وتتهتك وتعيق عملية الفرز، وتبطئ عملية الحصاد وتزيد من تكاليفها (Smis وآخرون ١٩٧٩)

تختلف آلات حصاد الطماطم فى كفاءتها، وتستخدم أنواع يمكن تشغيلها – فى ولاية كاليفورنيا الأمريكية – فى حصاد من ٤ – ٥ أفدنة من طماطم الاستهلاك الطازج يوميًا. ويعمل على كل منها من ١٨ – ٢٢ عاملاً. أما فى أوروبا، فتستخدم نوعيات أصغر.

وقد طورت اليابان روبوت لحصاد ثمار الطماطم الشيرى (الكريزية) يعتمد فى كشف الثمار الحمراء الناضجة على نسبة الأشعة الحمراء إلى الأشعة تحت الحمراء المنبعثة منها (Kondo وآخرون ١٩٩٥، و Subrata وآخرون ١٩٩٦).

## مشاكل الحصاد الآلى

برغم ارتفاع ثمن آلات الحصاد بدرجة كبيرة، إلا أن ذلك لا يعد مشكلة فى الحصاد الآلى وذلك لأن هذه الطريقة لا تتبع أصلا إلاّ فى المساحات الكبيرة التى يكون فيها

الحصاد الآلى ضرورة اقتصادية تفرضها أجور العمال، ومدى توفرهم، والالتزام بمواعيد التسليم المتعاقد عليها ومع ذلك فإن للحصاد الآلى مشكلتين رئيسيتين، هما زيادة الأضرار التى تحدث للثمار، وزيادة كمية الأتربة التى تصل لمصانع الحفظ مع الثمار.

**ويمكن الإقلال من الأضرار التى تحدث للثمار بمراعاة ما يلى:**

١ — تشغيل آلة الحصاد بالسرعة المناسبة.

٢ — اتباع الوسائل المناسبة لنقل الثمار من آلة الحصاد إلى عربة النقل التى تسير بجوارها فى الحقل.

٣ — إسقاط الثمار من عربات النقل فى خزانات مملوءة بالماء لتقليل تفلقات الثمار.

٤ — مراعاة سمك طبقة الثمار فى عربات النقل، وفى العبوات المختلفة أثناء مراحل النقل حتى التعبئة.

وتجدر الإشارة إلى أن أصناف التصنيع الحديثة، مثل: يوسى ٨٢، وبيتو ٨٦ وغيرهما تتميز بصلابتها العالية، ويتحملها لعمليات الحصاد الآلى والتداول، دون أن تتعرض للتلف، كما أن هجن الاستهلاك الطازج الحديثة تتميز كذلك بصلابتها الجيدة قبل وصولها إلى طور النضج الأحمر؛ مما يسمح بحصادها آليًا بدون مشاكل.

وقد أظهرت الدراسات أن الحصاد الآلى لطماطم التصنيع لا يترتب عليه أضرارًا فيزيائية تذكر، فهى تكون بسيطة للغاية إذا ما كانت نسبة الثمار التى تحتفظ بأعناقها لا تزيد عن ٤٠٪ (Studer وآخرون ١٩٨١).

وبالنسبة للأتربة فإنه تصل لمصانع الحفظ كميات كبيرة منها يوميًا إما مختلطة مع الثمار، أو ملتصقة بها فى صورة طين. وقد وجد فى إحدى الدراسات أن كمية الطين التى تصل إلى مصانع الحفظ تبلغ ١٦،٦ كجم مع كل طن من الثمار، منها ١٤،٨ كجم — مختلطة بها، وتكون الكمية الباقية عالقة عليها. ومع إمكانية التخلص من الطين العالق بالثمار السليمة بالغسيل، إلا أنه يصعب التخلص من الطين الملتصق بالثمار المتشققة مما يؤدى إلى زيادة النشاط الميكروبى، وسرعة تلف المنتجات المصنعة، بالإضافة إلى أن المصنع يشترى الطين بسعر الطماطم وفى الحالات غير العادية . قد تصل نسبة الطين

إلى ٥٪. ويعنى ذلك أن المصنع الذى يستوعب ١٠٠ طنا يوميا يتلقى ضمنًا ٥ أطنان من الطين بسعر الطماطم.

**ويتسبب الطين فى المشاكل التالية:**

١ – يعد خسارة اقتصادية للمصنع

٢ – يزيد النشاط الميكروبى، ويؤدى إلى سرعة تلف المنتجات.

٣ – يحتوى على بعض الميكروبات السامة للإنسان، مثل *C. botulinum*

٤ – يزيد كمية الماء المستهلكة فى غسل الثمار

٥ – تؤدى كثرته إلى انسداد مواسير الصرف الصحى فى المصانع (Gould ١٩٧٣).

## مجمل عمليات تداول طماطم الاستهلاك الطازج بعد الحصاد

تمر طماطم الاستهلاك الطازج بعمليات التداول التالية.

١ – الحصاد اليدوى فى دِلاء.

٢ – النقل إلى أوعية أكبر فى الظل.

٣ – النقل إلى محطة التعبئة.

٤ – الغمر فى ماء مكلور

٥ – الشطف فى ماء صالح للشرب.

٦ – تحجيم أولى وفرز أولى للعيوب الواضحة.

٧ – التشميع مع مبيد فطرى أو بدونه أو المعاملة بالمبيد الفطرى وحده.

٨ – التقسيم حسب اللون وتوجيه الثمار الناضجة الملونه إلى خط تعبئة مستقل.

٩ – التدريج حسب المقاييس المعمول بها.

١٠ – التحجيم (التدريج إلى أحجام) باستعمال سيور متحركة ذات ثقوب تتناسب والأحجام.

١١ – ملأ الكراتين بالوزن.

١٢ – عمل بلتات وتخزينها، ثم توجيهها نحو أحد طريقين، كما يلى

الطريق الأول

أ – النقل إلى حجرات الإنضاج لأجل العاملة بالإثيلين بتركيز ١٠٠ جزء فى المليون على ٢٠°م

ب – ثم التبريد أو التخزين المؤقت على ٧ – ١٣°م حسب مدى نضج الثمار.

جـ – ثم التحميل والنقل إلى الأسواق، حيث قد تُعاد فيها التعبئة من جديد.

الطريق الثانى

أ – التبريد أو التخزين المؤقت على ٧ – ١٣°م حسب درجة نضج الثمار.

ب – ثم التحميل والنقل.

جـ – ثم النقل إلى حجرات الإنضاج فى الأسواق لأجل العاملة بالإثيلين بتركيز ١٠٠ جزء فى المليون على ٢٠°م، ثم إعادة التعبئة من جديد (عن Brecht ٢٠٠٣).

## تكنولوجيا تداول الطماطم بعد الحصاد وقبل التخزين والشحن

### تفريغ حمولة الشاحنات فى محطات التعبئة والغسيل بالماء المكلور

يتم تفريغ حمولة الشاحنات التى تنقل الطماطم من الحقل – لدى وصولها إلى محطة التعبئة – فى أحواض كبيرة مملوءة بماء غير ملوث بالميكروبات وتوفر هذه الطريقة كثيرًا فى الأيدى العاملة، كما تحمى الثمار من الأضرار الفيزيائية، نظرًا لأن إسقاطها فى الماء يحميها من صدمات الارتطام بأى أسطح صلبة.

لكن يعيب هذه الطريقة زيادة فرصة تلوث نسبة كبيرة من الثمار بالميكروبات المرضة جراء تلوث الماء بما يتواجد على بعض الثمار من ملوثات، واحتمال تسرب الماء الملوث – من خلال ندبة عنق الثمرة – إلى داخل الثمار؛ نظرًا لأن الثمار تكون حرارتها – عند تفريغها – أعلى من حرارة ماء الغمر، مما يؤدى إلى سرعة برودتها نسبيًا؛ ومن ثم انكماش الهواء الموجود بداخلها، مما يؤدى إلى اندفاع ماء الغمر فيها، الأمر الذى يحدث من خلال ندبة العنق، وأى جروح أو خدوش سطحية

ولهذا السبب تتم – دائمًا – معاملة ماء الغمر بالكلورين بتركيز ١٠٠–١٥٠ جزءًا في المليون

ويؤدى تأجيل تفريغ حمولة ثمار الطماطم فى أحواض الماء بعد جمعها – لمدة لا تقل عن أربع ساعات – إلى الحد من نفاذ الماء – من خلال ندبة العنق – إلى داخل الثمرة (Smith وآخرون ٢٠٠٧)؛ الأمر الذى يقلل – كثيرًا – من نفاذ الأنواع البكتيرية المسببة للأعفان، مثل بكتيريا العفن الطرى *Erwinia carotovora*، والعفن الحامضى البكتيرى *Leuconostoc mesenteroides*، وكذلك بعض أنواع الـ *Lactobacillus* spp.، بالإضافة إلى فطريات العفن الحامضى *Geotrichum candidum*، وعفن ريزوس *Rhizopus* rot، والعفن الرمادى *Botrytis cinereo*. وقد وجدت اختلافات وراثية بين سلالات الطماطم فى مدى قابلية ثمارها للتشرب بالماء من خلال ندبة العنق (Smith وآخرون ٢٠٠٨).

ويتعين لأجل الحد من تشرب ثمار الطماطم بالماء الذى تفرغ فيه حمولة الثمار رفع حرارته عن حرارة لب الثمار بنحو ٦–٧ درجات مئوية، ويحدث ذلك من خلال تجنب تقلص الفراغات الهوائية التى توجد بالثمار (إذا ما كانت حرارة الماء الذى تفرغ فيه الثمار أقل من حرارة الثمار)؛ وبذا نتجنب اندفاع الماء إلى داخل الثمار من خلال ندبة العنق هذا . علمًا بأن تلك الفراغات الهوائية تزداد كثيرًا فى الثمار التى تُحصد فى الجو الحار، ولذا يراعى دائمًا أن تبقى الثمار فى الظل بعد الحصاد

كذلك يمكن أن يزداد اندفاع الماء إلى داخل الثمرة بزيادة الضغط عليها إذا ما كانت على عمق كبير فى أحواض التفريغ؛ ولذا يوصى بعدم زيادة العمق عن ٣٠ سم وعدم زيادة فترة بقاء الثمار فى الماء عن دقيقة واحدة.

**وتجب ملاحظة بعض الأمور التى تتعلق بالماء الذى تفرغ فيه حمولة الثمار، كما يلى:**

١ – عدم استعمال مواد ناشرة أو زيادة الكلورين بالماء لأن ذلك يزيد من معدل تشرب الثمار بالماء

٢ – الموازنة بين رفع حرارة الماء وفقده للكلورين نتيجة ذلك الارتفاع في درجة الحرارة، وكذلك زيادة تفاعل الكلورين مع المادة العضوية في الحرارة العالية، وما قد يترتب على ذلك من تكوين مركبات ضارة بالصحة (Suslow ٢٠٠٧).

**وللحصول على أفضل نتائج للتطهير بالكلورين في المياه المكلورة التي يُعاد استخدامها، يراعى ما يلي:**

١ – المحافظة على تركيز ١٥٠–٢٠٠ جزء في المليون من الكلورين الحر، مع pH للماء يتراوح بين ٦,٥، و ٧,٥.

٢ – تدفئة حوض الماء الذي تفرغ فيه حمولة الثمار لتصبح حرارته أعلى من حرارة لُب الثمار بمقدار خمس درجات مئوية

٣ – عدم زيادة فترة غمر الثمار عن دقيقتين للحد من تشرب الثمار بالماء

٤ – عدم السماح ببقاء الثمار طافية على سطح الماء أثناء فترات راحة العاملين، مع ملاحظة الأماكن التي قد لا تتحرك فيها الثمار dead spots، ودفعها للحركة خارجها.

٥ – عدم السماح بتواجد الثمار في أكثر من طبقة واحدة بحوض التفريغ لأجل الحد من ضغط الماء وما يتبعه من تشرب الثمار به.

٦ – استخدام نظام آلي للتحكم المستمر في تركيز الكلورين والـ pH، مع إجراء القياسات يدويًا – كذلك – كل ساعة وإذا ما أظهر القياس اليدوي عدم دقة النظام الآلي يتعين تسجيل القياسات على فترات أكثر تقاربًا

٧ – تفريغ تانك الثمار يوميًا، مع التخلص من الرواسب، وتطهيره وشطفه، وإعادة ملئه بالماء الصالح للشرب.

٨ – اتباع النظم المعتمدة للتخلص من الماء (Mahovic وآخرون ٢٠٠٧).

وقد ظلت ثمار الطماطم التي بُرّدت أوليًا – وهي في طور التحول – بالماء البارد المحتوى على معلق لخلايا البكتيريا *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora* و ٥٠–٢٠٠ مجم/لتر من الكلورين الحر (١٠°م، و pH= ٧) .. ظلت تلك الثمار خالية من العفن لمدة ١٠ أيام تالية لذلك عندما كان تخزينها على ٢٠°م هذا إلا أن بعض الثمار

أصيبت بالعفن الذى يسببه الفطر *Rhizopus stolonifer* عندما احتوى ماء التبريد الأولى على جراثيم هذا الفطر وبالمقارنة أصيبت ٥٠٪ إلى ١٠٠٪ من الثمار بالعفن عندما خلا ماء التبريد من الكلور وقد ازداد وزن ثمار الطماطم التى بُرّدت أوليًا بتلك الطريقة بسبب دخول الماء فيها من خلال ندبة العنق، الأمر الذى قد يشكل خطورة صحية بدخول المسببات المرضية — التى قد تتواجد فى ماء التبريد — فى الثمرة (Vigneault وآخرون ٢٠٠٠)

وقد وجد أن نقع الطماطم فى ماء يحتوى على صبغة ذائبة أدى إلى اختراق الصبغة للجروح التى توجد بالثمار ولقد حددت الصبغة إطار الخلايا عند سطح الجرح، وبدا أنها تخترق عدد من المسافات التى توجد بين الخلايا بعد ذلك الإطار. وأدت المعاملة بهيبوكلوريت الصوديوم بتركيز ١٪ إلى قصر لون الصبغة عند سطح الجرح، بينما ظلت الصبغة المتواجدة تحت سطح الجرح زرقاء اللون وبذا فإن الجراثيم الميكروبية التى قد تتواجد فى ماء التبريد (مثل جراثيم *Rhizopus stolonifer*) يمكن أن تفلت من فعل الكلورين إذا ما حملت إلى المسافات بين الخلوية بخاصية الانتشار أو بالحركة الشعرية للعصير الخلوى والماء (Bartz وآخرون ٢٠٠١)

وعلى الرغم من أن تقصير فترة تعريض ثمار الطماطم للماء المكلور يؤدى إلى زيادة أعداد بكتيريا الـ *Salmonella* فى الجروح الملوثة بها، فإن تلك المعاملة لا تؤدى إلى التخلص التام من البكتيريا حتى على الأسطح غير المجروحة، كما أن ندبة ساق الثمرة لا تُطهر بسهولة بهيبوكلوريت الصوديوم (Felkey وآخرون ٢٠٠٦).

هذا .. وتزداد — كثيرًا — فرصة تلوث ثمار الطماطم — داخليًا — بالـ *Salmonella* مع ماء التنظيف إذا ما كانت تلك الثمار قد تلوثت أصلاً بالتربة قبل أو أثناء الحصاد، ذلك لأن البكتيريا يمكنها أن تعيش فى التربة الرطبة لمدة لا تقل عن ٤٥ يومًا، كما أن أعدادها تزداد فى الثمار التى تتلوث بها (Guo وآخرون ٢٠٠٢)

وقد يحتاج الأمر بعد إخراج الطماطم من خزانات الماء التى فرغت فيها الحمولات الحقلية تنظيفها بالغسيل باستعمال ماء صالح للشرب، يكون معاملاً بالكلورين بتركيزات

أعلى بكثير مما يناسب مياه الشرب (١٥٠-٢٠٠ جزء في المليون) تفيد هذه المعاملة في تخليص الثمار من التربة التي قد تكون ما زالت عالقة بها، بالإضافة إلى تطهيرها سطحيًا من كل مسببات الأعفان، والميكروبات الضارة بصحة الإنسان وغالبًا ما يُعاد استخدام تلك المياه توفيرًا للنفقات، وللحد من مشاكل الصرف الصحي

## الفرز والتعبئة

تعبأ الطماطم بعد حصادها مباشرة في صناديق من الكرتون، أو البلاستيك، أو الجريد، تتراوح سعتها من ٥ — ١٠ كجم. ويفضل عدم استخدام الصناديق الأكبر من ذلك أو العميقة حتى لا تتفلق الثمار السفلية تحت ثقل الضغط الذى يقع عليها من الثمار العلوية، كما يفضل عدم استخدام أقفاص الجريد، لأنها تؤدى إلى تجريح الثمار، وزيادة نسبة التالف منها.

وعند إنتاج الطماطم في المزارع الكبيرة — سواء لغرض التسويق المحلي أم للتصدير — فإن المحصول يجمَّع أولا في وحدة التعبئة الموجودة في المزرعة، أو في مكان قريب منها، حيث تمر الثمار على سيور متحركة لتفرز، وتنظف، وتدرج، ثم تعبأ. وبينما يتم التنظيف والتدريج آليًا، يقوم العمال بالفرز أثناء مرور الثمار أمامهم على السيور المتحركة، حيث يقومون باستبعاد الثمار غير الناضجة، وزائدة النضج، والمصابة بالعيوب الفسيولوجية، أو بالأمراض أو الحشرات. وتتوقف درجة الإصابة المرضية أو الحشرية، وشدة العيوب الفسيولوجية المسموح بها على العرض والطلب، ورغبات المستهلك، والقوانين المحلية التي تنظم ذلك، سواء أكان المحصول مخصصًا للاستهلاك المحلي أم للتصدير، وقد تفرز الثمار المتقدمة في النضج بمفردها أحيانًا حتى تكون ثمار كل عبوة متقاربة في درجة نضجها. وتصل الثمار المفروزة في نهاية المطاف إلى مكان التعبئة، حيث تتجمع الثمار المدرجة حسب الحجم، أو اللون في أماكن مستقلة بها عمال يقومون بالإشراف على عملية التعبئة، ومن الجدير بالذكر أن عملية التدريج تتم آليًا حسب حجم، أو وزن الثمرة

وتوضع الثمار في العبوات إما بدون ترتيب معين in bulk، أو توضع في أطباق بلاستيكية تحتوى على انخفاضات بحجم الثمار، ويتوقف عددها في كل طبق على مساحة الصندوق، وحجم الثمار ويحتوى كل صندوق عادة على ٢ – ٣ طبقات من الأطباق، وتتبع هذه الطريقة في تعبئة محصول التصدير للأسواق التي تتطلب ثمارًا عالية الجودة (شكل ١-١، يوجد في آخر الكتاب)

وتعبأ الطماطم – غالبًا – في كراتين سعة ١١,٤ كجم (٢٥ رطل) بأبعاد ٣٠ × ٤٠ × ٢٤ سم، حيث تصف بارتفاع ١٠ كراتين في بالتات ١٠٠×١٢٠ سم

هذا وتُحصد طماطم الزراعات المحمية (لأجل الاستهلاك الطازج بطبيعية الحال) فيما بين مرحلتي النضج الأحمر الفاتح والأحمر الكامل، وهي التي تعرف باسم vine-ripe، أي الناضجة على "عروشها"، ويكون حصاد الثمار التامة الاحمرار بمعدل مرتين أسبوعيًا وتعبأ هذه الثمار لأجل أسواق الجملة في كراتين تتسع لنحو ١٥–٢٥ رطلاً من الثمار (٦,٨–١١,٤ كجم)، وتتحدد سعة الكرتونة بأحجام الثمار التي تعبأ فيها، فمثلاً كرتونة ٥×٥ تعني وجود خمسة صفوف بكل منها خمس ثمار في كل طبقة من الكرتونة.

**وتكون أحجام الثمار كما يلي:**

| الحجم | العبوة | أقل قطر للثمار (سم) | أكبر قطر للثمار (سم) |
|---|---|---|---|
| أكبر حجم | ٤×٥ | ١٠٥ | أكبر من ذلك |
| كبيرة جدا | ٥×٥، و ٥×٦ | ٧٢ | ١٠٥ |
| كبيرة | ٦×٦ | ٦٢ | ٧,٢ |
| متوسطة | ٦×٧ | ٥,٦ | ٦٢ |
| صغيرة | ٧×٧ | ٥٣ | ٥٦ |
| صغيرة جدًا | ٧×٨ | ٤٦ | ٥٣ |

أما الطماطم الشيرى (الكريزية)، فقد تكون على صورة عناقيد أو تعبأ سائبة

تعرف الطماطم الشيرى التى تسوق على صورة عناقيد باسم cherry tomatoes on the vine، ومن أصنافها المفضلة Aranca تكون عبواتها سعة ٣ كجم، وفى طبقة واحدة عادة، وتشحن عن طريق الجو فقط، وتبقى بحالة جيدة لمدة أسبوع تكون النافذة التصديرية فى أوروبا من أوائل ديسمبر إلى أواخر مارس.

تعرف هذه الطماطم باللآلئ الحمراء red pearls، وهى حلوة المذاق وحمراء داكنة اللون. يجب أن يتراوح قطر الثمرة بين ٣٠، و ٤٠ مم، مع تواجد ٧-٨ ثمار بكل عنقود. يفضل أن تتراوح نسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية بين ٧,٥٪، و ٩٪.

أما الطماطم الشيرى السائبة، فمن أصنافها المفضلة Josphina، وتُعبأ ثمارها فى punnets ذات غطاء، تتسع كل منها لربع كيلو جرام، وتوضع كل تسع منها فى كرتونة. تشحن عن طريق الجو، وتبقى بحالة جيدة لمدة ١٠ أيام. يجب ألا يقل محتواها من المواد الصلبة الذائبة عن ٦٪، ويفضل أن يتراوح بين ٧٪، و ٨٪. تكون النافذة التصديرية خلال شهور الشتاء.

## التبريد الأولى

لا تحتاج ثمار الطماطم إلى معاملة التبريد الأولى إلا إذا كانت حرارتها أعلى من ٢٧°م، وكان من المرغوب فيه تأخير وصولها إلى مرحلة اكتمال النضج.

وقد تبَّرد ثمار الطماطم أوليًا بطريقة الدفع الجبرى للهواء بمجرد وصولها إلى محطة التعبئة لتأمين احتفاظها بجودتها.

يمكن تبريد ثمار الطماطم الكريزية من ٣٢°م إلى ١٦°م فى خلال ٣ — ٥ دقائق بغمرها، أو رشها بماء تتراوح حرارته بين درجة واحدة وأربع درجات مئوية.

وقد أدى تبريد الطماطم بالماء البارد على ١٠°م (pH=٧,٠) يحتوى على ٢٠٠ جزء فى المليون من الكلورين الحر ومعلق من بكتيريا العفن الطرى البكتيرى *Erwinia carotovora* subsp *carotovora* إلى انخفاض حرارتها من ٣٥ إلى ١٥°م فى ١٣,٣ دقيقة وبقاءها خالية

من العفن لمدة ١٠ أيام على ٢٠°م، وإن ظهرت إصابات متفرقة بعفن ريزوبس الطرى الذى يسببه الفطر *Rhizopus stolonifer*، هذا فى الوقت الذى أصيبت فيه ٥٠٪ – ١٠٠٪ من الثمار بالعفن إن لم يحتوى ماء التبريد (الملوث بالبكتيريا) على الكلورين ولم تظهر أى دلائل على حدوث أى أضرار على ثمار الطماطم التى دخلها محلول الكلورين بتركيز ٢٠٠ جزء فى المليون (Vigneault وآخرون ٢٠٠٠)

وغالبًا يكون تبريد الطماطم بعد تجهيزها فى بالتات إلى ٢٠°م للإنضاج أو إلى ١٢°م للتخزين. ويتم التبريد – عادة – فى الحجرات المبردة، ولكن التبريد بطريقة الدفع الجبرى للهواء يعطى نتائج أفضل وإذا ما كانت حرارة اللب فى الطماطم المعبأة والمجهزة فى بالتات ٢٨°م، فإنها ترتفع بمقدار درجتين – مباشرة – بعد وضع النباتات فى حرارة ٢٠°م، ثم تبرد تدريجيًا إلى ٢٣°م فى خلال ٢٤ ساعة.

وبالمقارنة فإن تلك الطماطم يمكن تبريدها إلى ٢٠°م بطريقة الدفع الجبرى للهواء فى خلال ساعتين ونصف الساعة، وبذا .. يكون نضجها أكثر تجانسًا فى مختلف كراتين البالتة.

ويجب فى جميع الأحوال عدم تعريض الثمار لحرارة تقل عن ١٠°م لأكثر من ٢٤ ساعة، لكى لا تصاب بأضرار البرودة

## فسيولوجيا الطماطم بعد الحصاد

### التغيرات المصاحبة لنضج الثمار

يصاحب نضج ثمار الطماطم، وانتقالها من مرحلة اكتمال النمو وهى خضراء إلى طور النضج الأحمر حدوث تغيرات فى مكونات الثمار تؤثر فى خصائصها، وفى صفات الجودة بها، وتكون بصورة تدريجية، وهى كما يلى

١ – فقد الكلوروفيل

٢ – زيادة محتوى الثمار من الصبغات، مثل الليكوبين، والبيتاكاروتين

٣ – تحلل النشا، وتكوين الجلوكوز والفراكتوز، وزيادة نسبة السكريات، ولكن مع

انخفاض فى تركيز كل من الجالاكتوز galactose والأرابينوز arabinose ( Gross & Wallner ١٩٧٩).

٤ – زيادة معدل التنفس حتى مرحلة النضج الوردى – التى تتوافق مع الكلايمكترك Climacteric – ثم انخفاضه قليلا بعد ذلك. وقد كان يُعتقد أن ثمار الطماطم المقطوفة – فقط – هى التى تظهر بها الزيادة الحادة فى معدل التنفس التى تصاحب مرحلة الكلايمكترك، الأمر الذى حدا بالبعض إلى القول بأن ثمار الطماطم ليست كلايمكتيرية، إلا أن Andrews (١٩٩٥) وجد أن معدل تنفس ثمار الطماطم يزداد أثناء نضجها بمقدار ١٠٠٪ سواء أكانت الثمار مفصولة عن النبات، أم متصلة به.

٥ – زيادة إنتاج الثمار من غاز الإثيلين.

٦ – انخفاض pH الثمار إلى أدنى مستوى له (حوالى ٤,١) فى طور بداية التلون، ثم ارتفاعه إلى أن يصل إلى أعلى مستوى له (حوالى ٤,٥) فى طور النضج الأحمر.

٧ – نقص صلابة الثمار.

٨ – زيادة محتوى الثمار من البكتينات الذائبة soluble pectins.

٩ – زيادة نشاط إنزيم البولى جالاكتيورونيز Polygalacturonase، وهو الإنزيم الرئيسى المسئول عن طراوة الثمار أثناء نضجها.

١٠ – زيادة تركيز حامض الجلوتامك glutamic acid.

١١ – إنتاج المركبات المسئولة عن النكهة المميزة للطماطم.

١٢ – ارتفاع محتوى الثمار من حامض الأسكوربيك (فيتامين جـ) ابتداءً من طور النضج الوردى.

١٣ – زيادة نسبة حامض الستريك إلى حامض الماليك.

١٤ – زيادة محتوى الثمار من المواد الصلبة الذائبة الكلية.

١٥ – تحلل المادة القلوية السامة ألفا توماتين tomatine.

ويبين جدول (١–٢) التغيرات التى تحدث فى محتوى ثمار الطماطم – من مختلف المركبات – أثناء نضجها

جدول (١-٢) التغيرات الكمية التى تحدث فى محتوى ثمار الطماطم من مختلف المركبات الكيميائية أثناء نضجها[أ] (عن Salunkhe & Desai ١٩٨٤)

| المحتوى[ب] | مرحلة نمو ونضج الثمرة | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | الأخضر المكتمل النمو | بداية التلوين | الوردى | الأحمر | الأحمر التام |
| المادة الجافة (٪) | ٦,٤٠ | ٦.٢٠ | ٥,٨١ | ٥.٨٠ | ٦ ٢٠ |
| الحموضة المعايرة (٪) | ٠ ٢٨٥ | ٠,٣١٠ | ٠ ٢٩٥ | ٠٠ ٢٧٠ | ٠ ٢٨٥ |
| الأحماض العضوية (٪) | ٠ ٠٥٨ | ٠ ١٢٧ | ٠ ١٤٤ | ٠ ١٦٦ | ٠ ١٩٤ |
| حامض الأسكوربيك (مجم ٪) | ١٤ ٥ | ١٧ ٠ | ٢١ ٠ | ٢٣ ٠ | ٢٢ ٠ |
| الكلوروفيل (مجم ٪) | ٤٥ ٠ | ٢٥,٠ | ٩ ٠ | صفر | صفر |
| بيتاكاروتين (مجم ٪) | ٥٠,٠ | ٢٤٢,٠ | ٤٤٣ ٠ | – | – |
| الليكوبين (مجم ٪) | ٨,٠ | ١٢٤ ٠ | ٢٣٠ ٠ | ٣٧٤,٠ | ٤١٢ ٠ |
| السكريات المختزلة (٪) | ٢ ٤٠ | ٢ ٩٠ | ٣,١٠ | ٣,٤٥ | ٣ ٦٥ |
| البكتينات (٪) | ٢,٣٤ | ٢,٢٠ | ١,٩٠ | ١,٧٤ | ١,٦٢ |
| النشا (٪) | ٠ ٦١ | ٠ ١٤ | ٠,١٤ | ٠ ١٨ | ٠,٠٧ |
| المركبات المتطايرة (جزء فى البليون) | ١٧,٠ | ١٧ ٩ | ٢٢,٣ | ٢٤,٦ | ٣١,٢ |
| المركبات المختزلة القابلة للتطاير (جزء فى البليون) | ٢٤٨ ٠ | ٢٩٠,٠ | ٢٥١ ٠ | ٢٧٨.٠ | ٤٠٠ ٠ |
| الأحماض الأمينية (مول ٪) | – | ٢٣٥٨.٠ | ٣٢٥٩ ٠ | ٢٩٤١.٠ | ٢٧٢٣ ٠ |
| النيتروجين البروتينى (مجم نيتروجين لكل جم وزن جاف) | ٩.٤٤ | ١٠,٠٠ | ١٠,٢٧ | ١٠ ٢٧ | ٦.٩٤ |

(أ) أخذت جميع القياسات على الصنف فيربول Fireball، فيما عدا تقدير محتوى الأحماض الأمينية الذى سُجّل على الصنف موسكو Moscow.

(ب) كانت جميع التقديرات على أساس الوزن الجاف إلا فى الحالات المحددة بغير ذلك.

تعد نسبة محتوى ثمرة الطماطم من المواد الصلبة إلى حموضتها المعايرة، أو أى من هذين لمحتويين خصائص مهمة فى تحديد مذاق الطماطم والسكريات الرئيسية هى

الجلوكوز والسكروز بكميات متساوية تقريبًا، بينما حامضى الستريك والماليك هما الحامضان العضويان الرئيسيان، مع سيادة حامض الستريك ولقد أمكن التعرف على أكثر من ٤٠٠ مركب متطاير فى ثمار الطماطم كان لنحو ١٦ مركبًا منها رائحة تدل على أنها يمكن أن تُسهم فى إضفاء المذاق المميز للطماطم، ولكن دون أن ينفرد أى منها بإضفاء صفة المذاق.

**وقد اقتُرِحَ أن خلطة من تسعة مركبات يمكن عند تواجدها بنسبة معينة إعطاء المذاق المميز للطماطم، وتلك المركبات هى:**

cis-3-hexenal

hexanal

1-penten-3-one

3-methylbutanal

trans-2-hexenal

6-methyl-5-hepten-2-one

methyl silicylate

2-isobutylthiazole

β-ionone

ومن بين تلك المركبات فإن لكل من cis-3-hexenal، و β-ionone وزنًا أكبر فى تحديد نكهة الطماطم المميزة، كما أن الطماطم تنفرد بالمركب 2-isobutylthiazole. كذلك يبدو أن للمركب furaneol أهمية فى تحديد مذاق الطماطم (Baldwin ٢٠٠٤).

ونلقى — فيما يلى — مزيدًا من الضوء على التغيرات التى تحدث فى مكونات خلوية معينة، أو فى أنشطة إنزيمية بعينها.

### التغيرات فى السكريات والأحماض العضوية والحموضة المعايرة

تشكل السكريات والأحماض العضوية معظم المادة الجافة فى ثمرة الطماطم. وبينما

تزداد نسبة السكريات بانتظام من مرحلة اكتمال نمو الثمار وهى خضراء إلى طور النضج الاستهلاكى (الأحمر التام)، فإن الحموضة المعايرة تصل إلى أعلى معدلاتها فى طور بداية التلوين، ثم تنخفض – عادةً – فى مراحل النضج الأكثر تقدمًا كذلك يكون تركيز حامضى الستريك والماليك أعلى ما يمكن فى طور بداية التلوين عنه فى طور النضج الأحمر وتتشابه الثمار الكريزية الصغيرة مع الثمار العادية الكبيرة فى معظم هذه التحولات

ففى صنفى الطماطم الكريزيين لارج رد شيرى Large Red Cherry، وسمول فراى Small Fry، وجد Picha (١٩٨٧) أن تركيز كل من الفراكتوز والجلوكوز ازداد تدريجيًا فى الثمار ابتداءً من مرحلة الثمار الخضراء غير مكتملة النمو إلى حين وصولها إلى طور النضج الأحمر، بينما حدث العكس بالنسبة لتركيز السكروز الذى كان أعلى فى الثمار الخضراء مكتملة النمو عنه فى طور النضج الاستهلاكي، إلا أن تركيز السكروز فى جميع مراحل نمو ونضج الثمرة كان أقل كثيرًا من تركيز كلٍ من الفراكتوز والجلوكوز وقد كان حامض الستريك أعلى الأحماض العضوية تركيزًا، كما ازداد تركيزه – تدريجيًا – ابتداءً من مرحلة الثمار الخضراء غير مكتملة النمو إلى حين وصولها إلى طور النضج الوردى، حيث ظل تركيزه ثابتًا بعد ذلك إلى أن وصلت الثمار إلى مرحلة النضج الأحمر، هذا بينما لوحظ انخفاضٌ فى تركيز حامض الماليك بداية من مرحلة الثمار الخضراء مكتملة النمو إلى حين وصولها إلى طور النضج الاستهلاكى.

وقد قارن Koutsos وآخرون (١٩٩٤) التغيرات التى تحدث فى الثمار التى تنضج طبيعيًا على النباتات مع تلك التى تحدث فى الثمار التى تنضج أثناء التخزين، ووجدوا أن رقم حموضة الثمار (الـ pH) يرتفع، بينما تنخفض حموضتها المعايرة أثناء النضج فى كلتا الحالتين، إلا أن محتوى الثمار من المواد الصلبة الذائبة ازداد فى الثمار التى تركت لتنضج طبيعيا قبل حصادها، وانخفض فى الثمار التى قطفت وهى خضراء مكتملة النمو، ثم أكملت نضجها أثناء التخزين، سواء أكان التخزين فى الظل، أم فى الضوء المباشر

**ويمكن إيجاز أهم التغيرات التى تطرأ على محتوى ثمار الطماطم من مختلف المواد الكربوهيدراتية والإنزيمات التى تحكم تلك التغيرات — أثناء نضج الثمار — فيما يلى:**

١ — اختفاء النشا كلية — تقريبًا — فى مرحلة النضج

٢ — ازدياد محتوى الثمار من السكريات الكلية والمختزلة بمقدار خمسة أضعاف، وذلك من مرحلة قبل النضج إلى مرحلة النضج.

٣ — انخفاض محتوى الثمار من السكريات غير المختزلة أثناء النضج.

٤ — انخفاض نشاط الإنزيم sucrose synthase بشدة وبصورة متوازية مع الانخفاض فى مستوى النشا فى الثمار خلال مراحل نموها.

٥ — لا يحدث تغير فى نشاط الإنفرتيز invertase (يسمى حاليًّا: -(beta)-fructofuranosidase).

٦ — ينخفض محتوى الـ hemicellulose الكلى كثيرًا من ١٦٪ إلى ٥,٥٪ أثناء النضج، بينما لا يحدث تغير واضح فى محتوى عديدات التسكر الأخرى بالجدر الخلوية.

٧ — يزداد نشاط الـ polygalacturonase بمقدار خمسة أضعاف أثناء النضج.

٨ — يبقى نشاط الـ cellulose ثابتًا أثناء النضج (Singh وآخرون ٢٠٠٠).

## التغيرات فى الصلابة

تبين لدى مقارنة التغيرات فى المواد الكربوهيدراتية ونشاط الـ glucanases (الـ galactanase، والـ glucanase، والـ mannase) فى الجدر الخلوية لثمار الطماطم العادية والـ rin (وهى الحاملة لطفرة الـ ripening-inhibitor) أثناء نضجها أن النشاط الإنزيمى للـ glucanases كان أعلى فى الثمار العادية عما فى الـ rin، وأقتُرِح أن ذلك النشاط الإنزيمى يُسهم فى ليونة الثمار، وأن التغيرات فى نشاط تلك الإنزيمات على صلة وثيقة بتحلل الهيميسيليلوز hemicellulose فى الجدر الخلوية (Hong وآخرون ١٩٩٦).

وقد وجد أن تعريض ثمار الطماطم للضغوط (وهى نوع من الشدّ الميكانيكى) يتبعه

زيادة كبيرة في كل من معدلي التنفس وإنتاج الإثيلين، مع فقد الثمار لصلابتها قبل ثمار الكنترول - التي لم تعرض للضغوط - بيومين كذلك ازداد معدل التسرب الأيوني ونشاط الـ polygalacturonase أثناء النضج في الثمار التي تعرضت للضغوط - أيًا كانت مرحلة النضج التي أجريت المعاملة عندها - مقارنة بثمار الكنترول التي لم تعط تلك المعاملة. وكانت تلك الزيادات ٢٣٪ في التسرب الأيوني بعد ٦ أيام من المعاملة في الثمار التي تعرضت للضغوط وهي في مرحلة النضج الأحمر الفاتح، و ٤٠٪ في نشاط إنزيم البولي جالاكتورنيز بعد ١٠ أيام من المعاملة في الثمار التي تعرضت للضغوط وهي في مرحلة التحول (Lee وآخرون ٢٠٠٧)

يزداد نشاط إنزيم بولي جالاكتورنيز Polygalacturonase كثيرًا أثناء نضج الثمار، وهو الإنزيم الرئيسي المسئول عن فقد الثمار لصلابتها أثناء النضج. وقد وجد Lu وآخرون (١٩٩٥) أن معاملة الثمار الخضراء مكتملة النمو بأي من الإيثيفون أو الـ I- aminocyclopropane-I-carboxylic acid (يكتب اختصارًا ACC، وهو المركب البادئ للإثيلين في النباتات) أسرعت بنضج الثمار وأدت إلى زيادة إنتاج الإثيلين ونشاط إنزيم البولي جالاكتورنيز بها وبالمقارنة لم تؤثر معاملة ثمار الطماطم التي تحمل الجين nor - بأي من المركبين - على نضجها أو نشاط الإنزيم فيها

ولكن وبعد دراسة مستفيضة على العوامل الرئيسية التي تؤدي إلى فقد ثمار الطماطم لصلابتها، قورنت فيها ثمار الصنف Delayed Fruit Deterioration الذي تحتفظ ثماره - إلى درجة كبيرة - بصلابتها، بينما هي تنضج بصورة طبيعية، مع ثمار الصنف العادي Ailsa Craig اقتُرح أن أديم الثمرة يؤثر في فقدها لصلابتها مباشرة بتوفير دعم فيزيائي، وبطريق غير مباشر بتنظيم فقد الثمرة للرطوبة (Saladié وآخرون ٢٠٠٧). هذا مع العلم بأن النظريات القديمة التي سبق أن لاقت قبولاً واسعًا منذ ثمانينيات القرن الماضي - والتي كانت تتبنى فكرة فقد الثمار لصلابتها - مباشرة - على نشاط الإنزيمات المحللة للجدر الخلوية - لم يعد لها ما يؤيدها من خلال دراسات الهندسة الوراثية (Vicente وآخرون ٢٠٠٧)

## التنفس وإنتاج الإثيلين

تُنتج ثمار الطماطم الإثيلين بمعدل ١–١٠ ميكروليتر/كجم من الثمار فى الساعة على ٢٠ °م، وتعد حساسة للإيثيلين الذى يمكن أن تتعرض له ويكفى تعرضها للإثيلين بتركيز ٠,٥ حجم فى المليون لحفز نضجها وما يصاحبه من تغيرات أيضية وعند الإنضاج الصناعى التجارى تعرض الثمار للإثيلين بتركيز ٥٠ حجم فى المليون على ٢٠–٢١ °م مع ٩٠٪ رطوبة نسبية؛ إذ يكفى ذلك لتحفيز النضج وما أن تصل الثمار فى نضجها إلى مراحلة التحول فإنها تنتج – بذاتها – من الإثيلين ما يكفى لاستمرار نضجها ولا تحتاج حينئذٍ إلى أى مصدر خارجى للغاز

**ويتباين معدل تنفس ثمار الطماطم الناضجة (مجم ثانى أكسيد الكربون/كجم من الثمار فى الساعة) حسب ظروف التخزين، كما يلى (عن Sargent & Moretti ٢٠٠٤).**

| الحرارة (°م) | فى الهواء | فى ٣٪ أكسجين + ٩٧٪ نيتروجين |
|---|---|---|
| ١٠ | ١٣–١٦ | ٦ |
| ١٥ | ١٦–٢٨ | – |
| ٢٠ | ٢٨–٤١ | ١٢ |
| ٢٥ | ٣٥–٥١ | – |

أما الثمار الخضراء المكتملة التكوين فإن معدل تنفسها – فى الهواء – ينخفض إلى النصف – تقريبًا – حيث يكون (بالملليجرام ثانى أكسيد كربون لكل كيلوجرام من الثمار فى الساعة) ٣–٤ على ٥ °م، و ٦–٨ على ١٠ °م، و ٨–١٥ على ١٥ °م، و ١٤–٢٢ على ٢٠ °م، و ١٨–٢٦ على ٢٥ °م (عن Suslow & Cantwell ٢٠٠٦).

وقد وجد Brecht (١٩٨٧) أن إنتاج ثمار الطماطم لغاز الإثيلين يكون بمعدلات منخفضة فى الثمار الخضراء غير المكتملة التكوين، ويزداد معدل إنتاج الغاز بمقدار ٣ – ٤ أضعاف عند بداية تكوّن المادة الجيلاتينية فى مساكن الثمار، ثم إلى ٢٠ ضعفًا فى

مرحلة بداية التلوين وقد أدت معاملة الثمار الخضراء غير مكتملة التكوين بالإثيلين — بتركيز ٥٠ ميكرو لترًا / لتر — إلى الإسراع بتكوين المادة شبه الجيلاتينية وقد تكوّن غاز الإثيلين — في الثمار الخضراء — في المساكن قبل أن يظهر في الجدر الثمرية

كما وجد أن المعاملة بمركب ACC (بادئ الإثيلين) تزيد معدل إنتاج الثمار لغاز الإيثيلين، ويحدث نفس التأثير عند معاملة الثمار الخضراء مكتملة النمو بمركب Methyl-jasmonate (يكتب اختصارًا JA-Me)، الذى يحفز تمثيل الـ ACC فى النباتات وتؤدى معاملة الثمار الخضراء بمركب Aminooxyacetic acid (يكتب اختصارًا AOA) — الذى يثبط تمثيل الـ ACC — مع الـ JA-Me إلى انخفاض إنتاج الإثيلين إلى مستواه الطبيعي فى الثمار الناضجة (Saniewski & Czapski ١٩٩٠)

وبالمقارنة فإن معاملة ثمار الطماطم بمركب diazocyclopentadine (يكتب اختصارًا DACP) يثبط اكتسابها اللون الأحمر لتعارضه مع تمثيل الإثيلين وقد وجد Sisler & Lallu (١٩٩٤) أن المعاملة بهذا المركب أحدثت تأخيرًا فى اكتمال اكتساب اللون الأحمر - فى حرارة ٢٢ ْم — بنحو ٨ أيام فى الطماطم الحمراء جزئيًا، و ١٢ يومًا فى الطماطم الوردية، و ١٤–١٦ يومًا فى الطماطم الخضراء مكتملة التكوين، وذلك مقارنة بثمار الكنترول وقد أدت المعاملة إلى نقص إنتاج الإثيلين فى الثمار الوردية والحمراء، ولكن ارتفع إنتاج الإثيلين مرة أخرى بعد ٣–٤ أيام من المعاملة وفى الطماطم الخضراء مكتملة النمو ظل إنتاج الإثيلين منخفضًا لمدة ١٠ أيام فى الثمار المعاملة، ولكن ارتفع معدل إنتاج الغاز بعد ذلك إلى أكثر من معدل إنتاجه فى ثمار الشاهد

ويؤدى تعرض ثمار الطماطم للضغوط (شد ميكانيكى) إلى إحداث زيادة واضحة فى معدل التنفس وفى معدل إنتاج الإثيلين بعد ساعة واحدة، وبعد يوم واحد — على التوالى — من التعرض لتلك الضغوط وفى خلال ٢٤ ساعة ازداد معدل التنفس بنسبة ٤٠٪– ٦٠٪ أيًا كانت مرحلة نضج الثمار، بينما ازداد معدل إنتاج الإثيلين فى الثمار التى كانت فى مرحلة التحول بعد المعاملة بمقدار ثلاثة أضعاف (Lee وآخرون ٢٠٠٧)

وبدراسة تأثير تغذية الذبابة البيضاء *Bemisia argentifolii* على نباتات الطماطم على التغيرات النضجية للثمار التى تنتجها تلك النباتات، والتى تكون مصابة — جراء تغذية الذبابة — بالنضج غير المنتظم irregular ripening وجد أن ثمار صنف الطماطم Florida Petite التى أنتجتها نباتات خالية من الإصابة بالذبابة بدأت الدخول فى كلايمكترك فى إنتاج الإثيلين بين ٤٠، و ٤٥ يومًا من تفتح الزهرة، وكان ذلك مصاحبًا بزيادة سريعة فى التلون بالأحمر وفى فقد الصلابة، بينما بدأ كلايمكترك إنتاج الإثيلين بين ٤٥، و ٥٠ يومًا من تفتح الزهرة بالنباتات التى أصيبت بالذبابة، ولم تتلون ثمارها باللون الأحمر بنفس الدرجة، ولا فقدت تلك الثمار صلابتها بنفس السرعة التى حدثت بها فى ثمار النباتات الخالية من الإصابة بالذبابة. وقد وصلت الثمار التى قطفت من نباتات خالية من الإصابة بالذبابة بعد ٤٥ يومًا من تفتح الزهرة إلى قمة كلايمكترك التنفس وإنتاج الإثيلين بعد ثلاثة أيام من القطف، واكتسبت اللون الأحمر الطبيعى وفقدت صلابتها بصورة مماثلة للثمار التى تركت لتنضج على النبات. وفى المقابل .. فإن الثمار التى حُصدت من النباتات المصابة بالذبابة بعد ٤٥، أو ٥٠، أو ٥٥ يوما من تفتح الزهرة لم تُظهر كلايمكترك تنفسى أو فى إنتاج الإيثيلين، ولم تتلون بشكل جيد، كما لم تفقد صلابتها بنفس درجة فقد الصلابة فى الثمار المماثلة التى قطفت من ثمار خالية من الإصابة بالذبابة (McCollum وآخرون ٢٠٠٤).

## التغيرات التى تحدث فى ثمار الطفرات المؤثرة فى النضج

إن عملية نضج ثمرة الطماطم تتضمن عددًا من التحولات الفسيولوجية، والكيميائية الحيوية، تؤدى إلى جعل الثمرة فى حالة مناسبة للاستهلاك، فيما يتعلق بكل من اللون، والقوام، والطعم، والنكهة. وتشتمل هذه التغيرات — كما أسلفنا — على زيادة سريعة فى إنتاج غازى ثانى أكسيد الكربون والإثيلين (مثلما يحدث فى جميع الثمار الكلايمكتيرية)، وتحلل الكلوروفيل، وتمثيل المركبات الكاروتينية وتراكمها، وذوبان المركبات البكتينية، وتكوين المركبات المسئولة عن النكهة المميزة لثمرة الطماطم، وتنتهى هذه التغيرات بشيخوخة الثمرة ثم موتها

وتعرف فى الطماطم بعض الطفرات التى تؤثر فى نضج الثمرة. ونتناول — فى هذا المقام — تأثير بعض هذه الطفرات على نضج ثمار الطماطم وصفات الجودة فيها بعد الحصاد. ونبدأ بالطفرتين rin (أو مثبط النضج ripening inhibitor)، و nor ( أو عدم النضج no ripening)

تفشل ثمار الطماطم التى تحمل الجين rin فى الوصول إلى مرحلة الكلايمكترك فى التنفس، وهى المرحلة التى يصاحبها — كذلك — إنتاج الإثيلين بكثرة، فى الوقت الذى تنضج فيه الثمار غير الحاملة لهذا الجين بصورة طبيعية  كذلك فإن الثمار الحاملة لهذا الجين لا يتحلل فيها الكلوروفيل، ولا تتكون فيها الصبغات الكاروتينية بصورة طبيعية، ولا تفقد صلابتها. أو ينشط فيها إنزيم البولى جالاكتورنيز Polygalacturonase، فى الوقت الذى تكمل فيه الثمار غير الحاملة للجين نضجها بصورة طبيعية إلى أن تصل إلى مرحلة الشيخوخة

كذلك تفشل ثمار الطماطم الحاملة للجين nor فى فقد صلابتها أو فى التلون الطبيعى الكامل  وهى تتشابه مع الثمار الحاملة للجين rin فى كل الخصائص التى سبق بيانها، والتى تقود جميعها إلى زيادة فترة صلاحية الثمار للتخزين  كما لا يمكن إنضاج الثمار الأصيلة فى أى من الطفرتين — بصورة طبيعية — حتى ولو عوملت بالإثيلين  وتختلف الطفرتان فى أن ثمار الطفرة nor تنتج فى نهاية الأمر مستوىً منخفضًا من الإثيلين، ويتراكم فيها الليكوبين والبيتاكاروتين بعد فترة طويلة من التخزين، بينما لا تنتج ثمار الطفرة rin أى إثيلين، ولا تحتوى على أكثر من آثار من الليكوبين حتى بعد ١٨٠ يومًا من تفتح الزهرة (Ng & Tigchelaar ١٩٧٧)

ومن الطفرات الأخرى المؤثرة على نضج ثمار الطماطم الطفرة Nr (أو التى "لا تنضج أبدا" Never ripe)، وهى — على خلاف ما يدل عليه اسمها — لا تمنع نضج ثمار الطماطم كلية، وإنما تؤخر فقط بداية التغيرات التى تقود — فى نهاية الأمر — إلى نضج الثمرة  ونجد فى هذه الطفرة أن الارتفاع فى تنفس الثمار عند الكلايمكترك — وما يصاحبه من إنتاج لغاز الإثيلين — يبلغ ٥٠٪ فقط مما يحدث بالثمار العادية، كما لا

تكتسب الثمار — أبدا — لونها الكامل، مقارنة بالثمار العادية (عن Atta-Aly & El-Beltagy ١٩٩٢)

ويبين جدول (١-٣) خصائص النضج فى ثمار الطفرات الثلاث (rin، و Nr، و nor) مقارنة بالنضج فى الثمار العادية غير الطفرية

**جدول (١-٣): خصائص النضج فى ثمار طفرات الطماطم rin، و Nr، و nor مقارنة بالنضج فى الثمار العادية (عن Wills ١٩٩٨).**

| الطفرة | خصائص النضج |
|---|---|
| Ripening inhibitor (rin) | نمو طبيعى- تتحول بطيئًا إلى اللون الأصفر الشاحب-يقل إنتاجها كثيرًا من الإيثيلين-لاتفقد صلابتها بصورة تذكر-يقل فيها كثيرًا نشاط الإنزيم بولى جالاكتيرونيز-لا تنضج بعد معاملتها بالإثيلين-يؤدى تعريضها لتركيز عال من الأكسجين إلى تلونها بالوردى. |
| Never Ripe (Nr) | نمو طبيعى- تتحول بطيئًا إلى اللون الأحمر البرتقالى-لا تفقد صلابتها إلاّ بصورة محدودة-يقل إنتاجها للإثيلين-يقل فيها نشاط البولى جالاكتيرونيز- يقل فيها تمثيل الليكوبين. |
| Non ripening (nor) | أكثر انحرافًا عن النضج الطبيعى عن rin-لونها النهائى أصفر قاتم-إنتاجها من الإثيلين منخفض جدًا-يقل فيها نشاط البولى جالاكتيرونيز عن ١٪ من نشاطه فى الثمار غير الطفرية-يؤدى تعرض النباتات للوحة عالية إلى إسراع نضج الثمار وإلى ظهور لون برتقالى قاتم مع بعض الفقد فى الصلابة. |

كذلك تعرف الطفرة alc (من كلمة الكوباكو alcobaco) — التى تتشابه مع الطفرتين nor، و rin فى غياب الكلايمكترك التنفسى، وكذلك غياب الكلايمترك فى إنتاج الإثيلين من ثمارها، التى تنضج ببطء شديد، والتى لا يظهر بها سوى آثار من نشاط الإنزيم بولى جالاكتورنيز، مع احتفاظها بقدرتها على التخزين لفترة تبلغ ٣ أمثال قدرة الثمار العادية على التخزين هذا وتكون الثمار الخليطة فى أى من هذه الطفرات (الهجين بين الطفرة والصورة العادية) وسطًا بين الأبوين فى نشاط البولى جالاكتورنيز،

وفي صلابة الثمار، كما تحتفظ الثمار الهجين بقدرتها على التخزين لفترة أطول قليلا من الثمار العادية (Lu وآخرون ١٩٩٤)

وفي دراسة على ثمار الطفرة nor بصورتيها الأصيلة (nor nor) والخليطة ( nor nor⁺) مقارنة بالثمار العادية (nor+ nor+) — وجد Ng & Tigchelaar (١٩٩٧) أن الثمار الأصيلة في الطفرة لم يحدث بها كلايمتيرك — لا في التنفس ولا في إنتاج الإثيلين — وكان فقدها لصلابتها بطيئًا، ولم يلاحظ بها سوى آثار من نشاط إنزيم البولى جالاكتورنيز في الثمار مكتملة التكوين، وكانت أهم الكاروتينات فيها الفيتوين phytoene، والبيتاكاروتين، والنيروسبورين neurosporene، ولكن أصبح الليكوبين والبيتاكاروتين أهم الكاروتينات بعد ١٢٠ يومًا من تفتح الزهرة، مع بقاء الليكوبين أقل من ١٠٪ من المستوى الطبيعي أما الثمار الخليطة في الطفرة فقد تأخر نضجها عما في الثمار العادية، وكان الكلايمتيرك فيها مثبطًا جزئيًا، ولم يزد إنتاجها من الإيثيلين عن ٪ إنتاج الثمار العادية وقد تأخر فقد هذه الثمار لصلابتها وانخفض فيها نشاط إنزيم البولى جالاكتورنيز عن الثمار العادية في مختلف مراحل النضج، كما تراكم الليكوبين في الثمار الخليطة في هذه الطفرة، وكذلك تراكم الجاماكاروتين، والفيتوفلوين phytofluene، والفيتوين ببطء، ولكن تراكم البيتا كاروتين فيها بصورة طبيعية

ويستدل من دراسات Poovaiah & Nukaya (١٩٧٩) على وجود علاقة وثيقة بين انخفاض نشاط إنزيم بولى جالاكتورنيز وفشل ثمار الطفرة rin في النضج الطبيعي فقد لوحظ أن بداية الزيادة في نشاط الإنزيم حدثت في الثمار العادية قبل الكلايمكترك التنفسي بنحو ٦ أيام (٤٣ يومًا من تفتح الزهرة)، وأن أعلى نشاط للإنزيم حدث بعدما وصل إنتاج الثمار من غازى ثاني أكسيد الكربون والإيثيلين إلى أعلى معدلاتهما أما في ثمار الطفرة nor، فلم يلاحظ أي تغير في نشاط إنزيم البولى جالاكتورنيز حتى ١٠٠ يوم من تفتح الزهرة وبالمقارنة كانت التغيرات في نشاط إنزيم السيليوليز cellulose متماثلة في الثمار الطبيعية وثمار الطفرة، حيث ازداد نشاط الإنزيم تدريجيا مع تقدم نضج الثمار وبينما أدت معاملة ثمار الطفرة بالإيثيلين — لمدة يومين بعد ٣٦

يومًا من تفتح الزهرة — إلى زيادة نشاط الإنزيم فيها، فإن هذه المعاملة لم تؤثر على نشاط إنزيم البولى جالاكتورنيز

وبمقارنة ثمار الطفرتين rin، و nor بالثمار العادية، وجد Agar وآخرون (١٩٩٤) أن ثمار الطفرة rin كانت أكثرها صلابة، وحموضة معايرة، وأقلها فى محتوى المواد الصلبة الذائبة الكلية، بينما تميزت ثمار الطفرة nor بأطول فترة صلاحية للتخزين.

وبمقارنة أزواج سلالات من صنف Rutgers ذات أصول وراثية متشابهة isogenic lines يختلف كل زوج منها فى احتوائه او عدم احتوائه على الجينات الطفرية. nor (non-ripening)، و rin (ripening inhibitor)، و Nr (never ripe) .. كانت السلالات الطفرية أبطأ كثيرًا فى النضج عن نظيراتها غير الطفرية، وخاصة تلك التى احتوت على صفات الـ nor، أو rin اللتان لم تُظهرا أى من التغيرات المميزة للنضج الطبيعى، فيما عدا حدوث زيادة طفيفة فى الـ ACC فى ثمار الـ nor الزائدة النضج، أو فى إنتاج الإثيلين فى الثمار الناضجة من كل من الـ nor، والـ rin. أما ثمار الـ Nr فقد أظهرت تغيرات النضج الطبيعية ولكن بمعدل بلغ حوالى ٥٠٪ من معدلها فى الثمار غير الطفرة، فى الوقت الذى ازداد فيها كثيرًا نشاط الـ ACC، وازداد قليلا إنتاج الإثيلين عما فى حدث فى الثمار غير المطفرة. وقد أدت معاملة نباتات الطماطم — فى المزارع المائية — بالـ EDTA بتركيز ١ جم/لتر من المحلول المغذى إلى خفض إنتاج الإثيلين فى الـ Nr بمقدار حوالى ٣٠٪ أثناء نضج ثمارها، وإلى نضج ثمار الـ nor، والـ rin بصورة اقتربت من الصورة الطبيعية، وبدأت ثمار الـ rin فى فقد صلابتها وازداد فيها إنتاج ثانى أكسيد الكربون والإثيلين ونشاط الـ ACC (Atta-Aly & El-Beltagy ١٩٩٢).

وفى دراسة مقارنة عن تركيز كل من المركب ACC والإنزيم ACC synthase المسئولين عن تمثيل الإثيلين فى الثمار عند النضج — فى ثمار الطماطم العادية وكل من الطفرتين nor، و rin —وجد Terai (١٩٩٣) أن تركيزات المركب والإنزيم، وكذلك إنتاج الإثيلين ازداد أثناء نضج الثمار العادية، ولكن اختلف الأمر فى ثمار الطفرتين: ففى ثمار الطفرة nor حدثت زيادة طفيفة فى إنتاج الإثيلين، وفى نشاط الإنزيم ACC synthase

بعد حوالى ٥٠ يومًا من تفتح الزهرة، ولكن تراكم الـ ACC بوضوح خلال المراحل المتأخرة من تكوين الثمرة أما فى ثمار الطفرة rin فلم تلاحظ تغيرات تذكر فى تركيز الـ ACC أو الـ ACC synthase خلال جميع مراحل تكوين الثمرة، كما ظل معدل إنتاج الإثيلين ثابتًا تقريبًا وبينما أدى تجريح الجدر الثمرية إلى زيادة نشاط الـ ACC synthase – بشدة – فى كل من الثمار العادية وثمار الطفرة nor، فإنه أدى إلى ظهور قليل من النشاط للإنزيم فى ثمار الطفرة rin، التى يختفى من ثمارها غير المجروحة نشاط هذا الإنزيم.

ودرس Hong & Lee (١٩٩٥) التغيرات التى تحدث فى المركبات غير القابلة للذوبان فى الكحول (البكتين، والسيليلوز، والهميسيليلوز Hemicellulose) أثناء نضج الثمار فى الطماطم العادية، مقارنة بما يحدث فى الثمار التى تحتوى على الجين rin، ووجدا ان محتوى الثمار من المركبات غير القابلة للذوبان فى الكحول انخفض أثناء النضج فى الطماطم العادية، بينما ظل ثابتا فى الطماطم التى تحتوى على الجين rin، فضلا عن أنه كان مرتفعًا فى تلك الثمار أصلا، منذ البداية – عما فى الطماطم العادية وقد بلغ النقص فى كل من السيليلوز والهيميسيليلوز فى الطماطم العادية أثناء نضجها حوالى ٢٥٪، و ٥٣٪ على التوالى.

وقد قارن Czapski & Saniewski (١٩٩٢) تأثير معاملة الطفرتين nor، و rin بمركب مثيل جاسمونيت methyl jasmonate على إنتاجها للإثيلين، ووجدا أن ثمار الطفرة nor أنتجت الإثيلين بتركيز منخفض – بصورة طبيعية – فى أطوار النضج المتوسطة والمتقدمة، ولكن معاملتها بالمثيل جاسمونيت أدت إلى زيادة نشاط الإنزيم المسئول عن تمثيل الإثيلين، وزيادة إنتاج الغاز خلال الأسبوع الأول بعد المعاملة، أما ثمار الطفرة rin فكان إنتاجها الطبيعى من الإثيلين منخفضًا جدا حتى مراحل النضج المتقدمة، ولكن المعاملة بالمركب حفزت نشاط الإنزيم المسئول عن تمثيل الإثيلين وزيادة إنتاج الغاز كذلك، ولكن لم يصل مستوى نشاط الإنزيم وإنتاج الغاز فى الطفرة rin إلى أكثر من ٠,٠١، و ٠,٢٪ نظيريهما – على التوالى – فى الطفرة nor

وأمكن حث ثمار الطفرة nor على النضج الجزئى بتعريض النباتات الحاملة لها لتركيزات مرتفعة نسبيًا من كلوريد الصوديوم، ولكن لم تؤثر هذه المعاملة على نضج ثمار الطفرة rin. وعلى العكس .. أدى تعريض ثمار الطفرة rin لتركيز عالٍ من الأكسجين فى وجود الإثيلين إلى حثها على النضج وتلونها جزئيًا، بينما لم تؤثر هذه المعاملة على نضج وتلون ثمار الطفرة nor (عن Atta-Aly & El-Beltagy ١٩٩٢).

هذا وقد وجد Levy-Meir وآخرون (١٩٨٩) ان مستخلصات ثمار، وجلد ثمار الطفرتين nor، و rin تثبط إنبات جراثيم الفطر *Botrytis cinerea*، مقارنة بالثمار الطبيعية. وقد أحدثت – كذلك – ثمار الطماطم الخضراء مكتملة التكوين العادية تثبيطًا لإنبات جراثيم الفطر مماثلا لتثبيط الثمار الناضجة من الطفرتين. كما ظهرت مقاومة الطفرتين للفطر على صورة زيادة فى فترة الحضانة اللازمة لحدوث الإصابة، ونقص فى حالات أعفان الثمار أثناء التخزين. وكان أعلى مستوى من المقاومة فى ثمار الطفرة nor فى اى من صورتيها الأصيلة أو الخليطة. وقد أدى تعريض ثمار الطماطم لحرارة الصفر المئوى لمدة ٣ أيام، أو معاملتها بالماء الساخن – على حرارة ٥٢°م – لمدة ٥ دقائق إلى إحداث زيادة كبيرة فى قابلية الثمار العادية للإصابة، وإلى كسر جزئى فى مقاومة ثمار الطفرتين للعفن.

## التغيرات التى تحدث فى ثمار الطماطم المحمولة وراثياً بهدف التأثير فى النضج

حظيت الطماطم بعديد من الدراسات فى مجال الهندسة الوراثية من أجل إنتاج نباتات محولة وراثيًا تظل ثمارها محتفظة بصلابتها لفترة طويلة بعد نضجها. وقد تركزت معظم الدراسات على نقل الرنا المضاد Antisense RNA لبعض الجينات المؤثرة فى التغيرات التى تصاحب نضج الثمار.

فمثلا . قام Tucker وآخرون (١٩٩٢) بنقل الرنا المضاد للجينين المسئولين عن تمثيل كل من الإنزيم بولى جالاكتورنيز polyglacturonase (يعطى الرمز PG)، وبكتن إستريز Pectinestrase (يعطى الرمز PE) وفى الثمار العادية لا يكون PG موجودًا فى

الثمار الخضراء، ولكن يتم تمثيله أثناء النضـج، حيث يتواجد – حينئذ – فيما لا يقل عن ثلاثة نظائر إنزيمية isozymes وقد وجد أن نقل الرنا المضاد للـ PG منع تحلل البكتين (Pectin depolymerization) أثناء نضج الثمار، الأمر الذى أدى إلى زيادة صلاحية الثمار للتخزين وزيادة تحملها للشحن، أما نقل الرنا المضاد للـ PE فقد أدى إلى زيادة معدلات الـ Pectin estrification خلال كل مراحل نضج الثمار، ولكنه لم يؤثر – فيما يبدو – على فسيولوجيا الثمرة. وفيما عدا ذلك، فإن أيض البكتين لم يختلف بين الثمار المحولة وراثيا والثمار العادية وقد عزل Gaffe وآخرون (١٩٩٤) نظيرين ( two isoforms) من هذا الإنزيم.

هذا وقد وجد أن نشاط الـ PG فى الثمار المحوَّلة وراثيًّا لا يتعدى ١٪ من نشاطه الطبيعى فى الثمار العادية وبينما لم تختلف درجة صلابة الثمار المحولة وراثيا عن الثمار العادية – خلال مختلف مراحل نضجها – فإنها – أى الثمار المحولة وراثيا – كانت أكثر قدرة على التخزين وعلى تحمل عمليات الشحن والتداول بدون أن تحدث لها أضرار وفضلا عن ذلك .. كان عصير الثمار المحولة وراثيا أكثر لزوجة عن عصير الثمار العادية (Schuch وآخرون ١٩٩١).

وبالإضافة إلى التأثيرات التى أسلفنا بيانها للرنا المضاد للإنزيم بولى جالاكتورنيز، فإن الثمار المحولة وراثيا أظهرت – كذلك – قدرًا أكبر من المقاومة لكل من الفطرين *Geotrichum candidum*، و *Rhizopus stolonifer* اللذين يصيبان – عادة – ثمار الطماطم أثناء نضجها (Kramer وآخرون ١٩٩٢).

كذلك وجد Oeller وآخرون (١٩٩١) أن نقل الرنا المضاد للجين المسئول عن تمثيل الإنزيم ACC synthase إلى الطماطم العادية ثبط نضج ثمارها، بينما أدت معاملة الثمار المحولة وراثيا بالإثيلين إلى نضجها بصورة طبيعية ويعنى ذلك أن الإثيلين هو الذى يبدأ بإحداث التغيرات التى تقود إلى نضج الثمار، وليس بناتج لعملية النضج ذاتها

كما تمكن Klee وآخرون (١٩٩١) من عزل الجين المسئول عن تمثيل الإنزيم ACC deaminase من أحد أنواع بكتيريا التربة (التى أمكن التعرف عليها بقدرتها على النمو فى بيئة تحتوى على ACC كمصدر وحيد للنيتروجين) ونقله إلى الطماطم، حيث ظهر أن النباتات المحولة وراثيا كانت أقل قدرة على إنتاج الإثيلين، وتأخر نضجها بصورة معنوية عن الثمار العادية، واحتفظت الثمار الناضجة بصلابتها لمدة تزيد عن الثمار العادية بما لا يقل عن ستة أسابيع.

وقد أنتجت طماطم محولة وراثيا من الصنف ألزا كريج Ailsa Craig تحتوى على الرنا (آر إن إيه) المضاد antisensé RNA للإنزيم المسئول عن تكوين الإثيلين، وفيها يكون إنتاج الثمار لغاز الإثيلين منخفضًا بشدة. وقد تبين لدى مقارنة ثمار الصنف الأصلى بالصنف المحول الأصيل فى تلك الصفة أنهما يتماثلان فى طول الفترة التى تمر بين تفتح الأزهار وبدء التغير فى لون الثمار، ولكن تقل سرعة تكوين الصبغات — بعد ذلك — فى الثمار المحولة وراثيًا، كما تقل فيها — أيضًا — سرعة فقد الحموضة مقارنة بالثمار العادية. وعلى الرغم من أن الطرازين لم يختلفا فى سرعة فقد الثمار لصلابتها أثناء النضج، إلا أن الثمار المحولة وراثيًا كانت أبطأ فقدًا لصلابتها فى مرحلة "بعد النضج"، مقارنة بالثمار العادية. وأدت المعاملة بالإثيلين إلى إسراع تلون الثمار المحولة وراثيًا بدرجة أكبر عما فى الثمار العادية، ولكن تأثير تلك المعاملة على معدل فقد الثمار لصلابتها كان محدودًا وعموما .. فقد كانت الثمار المحولة وراثيًا أقل تعرضًا للإصابة بالأضرار أثناء النضج والحصاد، واحتفظت بجودتها لفترة تخزينية أطول، مقارنة بالثمار العادية، إلا أنها — أى الثمار المحولة وراثيًا — فقدت صلابتها بسرعة أكبر عندما حصدت وهى خضراء مكتملة النمو وخزنت فى حرارة ٢٠ °م، عما لو سمح لها بالنضج على النبات (Murray وآخرون ١٩٩٣).

## تأثير حالة الثمار وطريقة تداولها عند الحصاد وبعده على نوعيتها

تتأثر نوعية ثمار الطماطم بعد الحصاد بالعوامل التالية·

**١ — مدى اكتمال نمو الثمار عند الحصاد:**

لا يمكن أن تتلون الثمار التى تقطف قبل اكتمال تكوينها بصورة جيدة حتى لو أعطيت معاملات الإنضاج الصناعى

**٢ — سرعة التخلص من حرارة الحقل field heat بعملية التبريد الأوّلى:**

تؤدى هذه العملية إلى وقف تدهور الثمار سريعًا بعد الحصاد، وتظل محتفظة بجودتها لفترة أطول

هذا إلا أن إجراء التبريد الأوّلى بالماء البارد، أو قلب حمولة الثمار فى أحواض تحتوى على ماء تقل حرارته عن حرارة الثمار — بهدف تقليل الأضرار الميكانيكية التى يمكن أن تحدث للثمار عند قلبها — يمكن — كما أسلفنا — أن يزيد كثيرًا من إصابة ثمار الطماطم بالأعفان ويستدل على ذلك من دراسات Showalter (١٩٩٣) التى توصل منها إلى أن ثمار الطماطم تحتوى على فراغات هوائية كثيرة بين الخلايا، ويؤدى قلبها فى ماء تنخفض درجة حرارته عن حرارة الثمار ذاتها إلى انكماش هذه الفراغات الهوائية؛ مما يؤدى إلى اندفاع الماء — مع ما يحمله من كائنات مسببه للأعفن — إلى داخل الثمار من خلال موضع اتصالها السابق بالعنق، ذلك لأن جلد الثمار يكون مغطى بطبقة سميكة من الكيوتين، كما أن بشرتها تخلو من الثغور. وقد أدت تدفئة الماء الذى تقلب فيه الثمار إلى الحد من مشكلة الأعفان

**٣ — مدى إصابة الثمار بالأضرار Physical Injuries:**

يمكن ان تحدث الأضرار فى أية مرحلة من مراحل تداول الثمار فيما بين الحصاد، ووصولها إلى المستهلك وتوجد عدة أنواع من هذه الأضرار، منها القطوع cuts، واختراق أعناق الثمار للثمار المجاورة لها punctures، والخدوش scuffs، والجروح abrasions الناتجة عن الاحتكاكات تشوه هذه الأضرار مظهر الثمار، وتزيد فقدها للماء، وقابليتها

للإصابة بالأعفان، ومن تنفس الثمار، وإنتاج غاز الإثيلين. وقد تفشل المناطق المصابة فى التلون باللون الأحمر الطبيعى.

وتظهر على ثمار الطماطم الخضراء مكتملة النمو أنسجة شبه فلينية تنشأ نتيجة لاحتكاك الثمار ببعضها، أو مع الأسطح الخشبية. وتتحول هذه الأنسجة إلى اللون البنى عند نضج الثمار، وتكثر الجروح بالثمار مع زيادة الاهتزازات أثناء نقل الثمار.

من المظاهر الخارجية للخدوش والجروح. فقد الثمار لصلابتها، وظهور أنسجة مبتلة water soaked. أما الأعراض الداخلية، فإنها لا تلاحظ غالبًا إلا بعد قطع الثمار، وتكون على شكل أنسجة مبتلة فى المشيمة والأنسجة الداخلية، وظهور المادة شبه الجيلاتينية بلون ضارب إلى البياض، أو إلى الأخضر، كما تكون منكمشة.

وتؤدى الأضرار الداخلية بالثمار التى تحدث نتيجة لسوء التداول وخشونة المعاملة إلى إحداث تغيرات كبيرة فى إنتاج مختلف الأنسجة من مختلف المركبات المتطايرة المسئولة عن النكهة المميزة، مقارنة بثمار الكنترول التى لا تتعرض لتلك المعاملات.

وتتضمن التغيرات المركبات التالية (Moretti وآخرون ٢٠٠٢):

| النسيج | المركبات المتطايرة |
|---|---|
| البيريكارب pericarp | trans-2-hexenal |
| الغرف locules | 1-penten-3-one, cis-3-hexenal, 6-methyl-5-hepten-2-one, cis-3-hexenol & 2-isobutylthiazole |
| المشيمة placenta | 1-penten-3-one & β-ionone |

**٤ – التعرض لدرجات حرارة غير مناسبة:**

أ – الحرارة المنخفضة:

لدرجة الحرارة علاقة كبيرة بنوعية الثمار. فتعرض ثمار الطماطم لدرجة حرارة أقل من درجة التجمد (حوالى –١ °م) يؤدى إلى ظهور أعراض التجمد freezing ijnury، وهى المظهر المائى water soaked appearance، وطراوة الثمار، وجفاف المادة شبه

الجيلاتينية التى توجد فى المساكن، كذلك فإن لدرجات الحرارة الأعلى من ٣٠ °م تأثيرات سلبية كبيرة على نضج وتلون الثمار، بينما تحدث أضرار البرودة chilling injury عندما تتعرض الثمار لدرجات حرارة منخفضة تقل عن ١٢،٥ °م، وتزيد عن درجة التجمد لمدة يتوقف طولها على درجة الحرارة. فكلما زاد انخفاض درجة الحرارة، قصرت الفترة اللازمة لإحداث الأضرار، وتصبح الأضرار أكثر وضوحًا بعد إخراج الثمار من المخازن وتعتبر الثمار الناضجة أقل حساسية لأضرار البرودة من الثمار الخضراء ومن أهم أضرار البرودة. عدم تلون الثمار بصورة جيدة، أو تلونها بصورة غير منتظمة، وفقد الثمار لصلابتها، وظهور نقر سطحية بها، وتلون البذور باللون البنى، وزيادة قابليتها للإصابة بالعفن، خاصة بفطر الألترناريا *Alternaria* كما تؤثر الحرارة المنخفضة تأثيرًا سيئًا على طعم الثمار، فتزيد الحموضة، وتفقد نكهتها المميزة قبل ظهور أية أعراض أخرى خارجية عليها.

ب — الحرارة المرتفعة:

وجد Hamauzu وآخرون (١٩٩٤) أن ثمار الطماطم الخضراء مكتملة النمو تغير لونها من الأخضر إلى الأحمر فى حرارة ٢٠ °م، ولكن لونها أصبح خليطًا من الأحمر والبرتقالى، والأصفر فى حرارة ٣٠ °م، بينما تغير لونها إلى الأصفر فى حرارة ٣٥ °م. وقد كانت طبقة البشرة أكثر حساسية للحرارة العالية عن الجدر الثمرية، وأدت الحرارة العالية إلى تثبيط تراكم كلٍ من الفيتوين Phytoene واللكيوبين Lycopene بصورة معنوية، وكان تأثيرها المثبط على الفيتوين أكثر من تأثيرها على الليكوبين. وقد ازداد محتوى البيتا كاروتين فى كل من البشرة والجدر الثمرية وبدرجة أكبر فى البشرة فى حرارة ٣٠ °م فى بداية الأمر، ولكن نقص محتوى البيتا كاروتين مع زيادة فترة التخزين فى حرارة ٣٠ °م بعد حوالى ١٥ يومًا كذلك انخفض محتوى الثمار من كل من حامض الأسكوربيك والألفا توكوفيرول α-tocopherol أثناء التخزين فى حرارة ٣٠ °م أو ٣٥ °م.

هذا . ويُحدث التعرض للحرارة المرتفعة بعد الحصاد أضرارًا فسيولوجية لثمار الطماطم تتضمن انهيار الخلايا والأنسجة الثمرية وقد وجد Inaba & Crandall (١٩٨٨) أن ترك

ثمار الطماطم معرضة للشمس بعد الحصاد أدى إلى رفع حرارتها الداخلية إلى ٥٥°م وعندما قيس الضرر الذى تحدثه الحرارة المرتفعة — تحت ظروف المختبر — بوضع الثمار الخضراء مكتملة التكوين فى درجة حرارة تراوحت بين ٢٥°م و ٦٥°م لمدد تراوحت بين ٣٠ دقيقة و ١٨٠ دقيقة — وذلك بقياس درجة التسرب الأيونى من الثمار المعاملة — وجد أن فترات التعرض الحرجة — التى صاحبها ظهور الأضرار — كانت ١٦٦ دقيقة فى حرارة ٤٥°م، و ١٠٥ دقائق فى حرارة ٥٠°م، و ٣٤ دقيقة فى حرارة ٥٥°م.

**٥ — طول الفترة بين الحصاد والاستهلاك:**

يساعد تقصير هذه الفترة على تقليل فقد النكهة المميزة للثمار، وعدم ظهور أى طعم غير مرغوب فيها.

**٦ — سرعة النضج:**

تتأثر سرعة نضج الثمار بدرجة حرارة التخزين، وبمعاملات الإنضاج الصناعى.

**٧ — العيوب الفسيولوجية Physiological Disorders:**

إن من أهم العيوب الفسيولوجية التى تظهر بثمار الطماطم، ما يلى:

أ — النضج المتبقع:

تتميز ظاهرة النضج المتبقع blotchy ripening بظهور مناطق خضراء أو خضراء مصفرة على سطح الثمار، ويبدو أن لظهور تلك الظاهرة علاقة بنقص البوتاسيوم والنيتروجين غير العضوى فى التربة. هذا .. ويقل محتوى الأنسجة — التى يظهر بها النضج المتبقع — فى كل من الأحماض العضوية، ومحتوى المواد الصلبة الذائبة، والنشا.

ب — الجدر الرمادية graywall:

تظهر الجدر الرمادية كأنسجة وعائية متحللة فى النسيج الوسطى لجدار الثمرة، وهى تبدأ فى الظهور فى الثمار الخضراء، ويعتقد بأن لظهورها علاقة بالجو البارد، والإضاءة الضعيفة، ونقص التغذية، والتربة المشبعة بالرطوبة، وكذلك بالإصابة بفيرس موزايك التبغ، إلا أن السبب الحقيقى لم يستدل عليه بعد.

جـ – عدم انتظام النضج irregular ripening.

تظهر تلك الحالة على صورة عدم تجانس فى النضج، وفى تواجد نسيج أبيض داخلى، ويرتبط ظهورها بتغذية الذبابة البيضاء *Bemisia argentifolii*

د – الكدمات الداخلية internal brusing:

تتميز الكدمات الداخلية بظهور جل أصفر إلى أخضر فى مساكن الثمار الناضجة، ويحدث ذلك عند ضعف النضج الطبيعى للجل نتيجة لحدوث ضغط فيزيائى على الثمار وهى خضراء أو وهى فى طور التحول. ومثل هذه الثمار ينخفض كثيرًا محتواها من حامض الأسكوربيك والحموضة المعايرة والكاروتينات الكلية، كما يسوء طعمها وتزداد حساسية الثمار للإصابة بتلك الظاهرة وهى فى مرحلة التحول عما يحدث لها وهى فى مرحلة اكتمال التكوين وهى خضراء (Sargent & Moretti ١٩٩٤).

هـ – التفلقات.

يؤدى تفلق ثمار الطماطم إلى فقد الثمار لصلاحيتها للتسويق، سواء أحدث ذلك قبل الحصاد، أم بعده

**وقد وجد أن من بين العوامل التى تؤثر فى تفلق الثمار الشيرى بعد الحصاد ما يلى:**

(١) أدى نقع الثمار فى ماء يحتوى على كالسيوم إلى نقص التفلق، بينما أدت إضافة المواد المخلبية إلى زيادته

(٢) أدت معاملة النقع فى محاليل الكالسيوم إلى زيادة محتوى الثمار من الكالسيوم المرتبط، بينما خفضت إضافة المادة المخلبية CDTA من الكالسيوم الذائب.

(٣) ارتبط الفقد الرطوبى للثمار أثناء التخزين بالانخفاض فى قابلية الثمار للتفلق

(٤) وعلى العكس من ذلك . أدى نضج الثمار أثناء تخزينها إلى زيادة قابلية الثمار للتفلق

(٥) كانت قابلية الثمار للتفلق أكبر عندما كان الحصاد فى الصباح عما كان عليه

الحال عندما كان الحصاد ظهرًا، وكان أقل ما يمكن عندما كان الحصاد ليلاً (Lichter وآخرون ٢٠٠٢)

و — البقع الغائمة:

يظهر على ثمار الطماطم — أحيانًا — ما يعرف باسم البقع الغائمة cloudy spots، وهى عبارة عن بقع بيضاء أو صفراء اللون غير منتظمة الشكل تتواجد تحت جلد الثمرة مباشرة، بسبب تغذية الخنفساء النتنة stink bug، وهى التى تفرز عند تغذيتها إنزيمًا يمنع التلون الطبيعى للثمرة فى موضع التغذية (جامعة بوردو Purdue — الإنترنت — ٢٠٠٧).

**٨ — الأضرار المرضية Pathological Disorders:**

تنشأ معظم الأضرار المرضية غالبًا قبل الحصاد، ولكنها تكون غير ملحوظة، ولا تبدأ فى الظهور إلا بعد أن تزداد شدة الإصابة، ويكون ذلك أثناء التداول والتخزين. تزداد حدة هذه الأمراض بزيادة الجروح، وتعرض الثمار لأضرار البرودة. وتعتبر الأمراض التالية أهمها وأكثرها خطورة وشيوعًا فى المخازن، وأثناء النقل والتسويق:

أ — العفن الأسود black mould:

يسببه الفطر *Alternaria alternata*، ولا يصيب إلا الثمار الحمراء التى أضيرت بفعل التجريح، أو البرودة، أو خزنت لفترة طويلة. ويمكن أن تتواجد جراثيم الفطر على سطح الثمار قبل الحصاد، ولكنها لا تنمو ولا تحدث الإصابة إلا بعد النضج. ويوجد طراز آخر من الفطر هو : *A. alternata* f. *lycopersici* يمكنه إصابة الثمار وهى خضراء. ويمكن خفض نسبة الإصابة بهذا المرض كثيرًا باستبعاد جميع الثمار التى تكون فيها جروح، أو شقوق، أو عيوب فسيولوجية يمكن أن تشكل منفذًا للإصابة، مثل تعفن الطرف الزهرى، وكذلك بتجنب أضرار البرودة.

وقد وفرت المعاملة بمعلق خلايا فطر الخميرة البازيدى البحرى *Rhodosporidium paludigenum* (عُزِلَ من جنوب بحر شرق الصين) مكافحة جيدة للفطر *Alternaria alternata*، بينما لم يتحقق ذلك باستعمال مزارع الفطر الخلوية المعقمة بالأوتوكليف

وقد ازدادت فاعلية المعاملة عندما أجريت قبل الحقن بالفطر بفترة مناسبة، حيث لوحظ أن الفطر تزداد أعداد خلاياه في جروح ثمار الطماطم بمقدار ٥٠ ضعف في خلال ١٢ ساعة من المعاملة به على ٢٥°م (Wang وآخرون ٢٠٠٨).

ب – عفن فيثوفثورا.

يعرف المرض أيضًا باسم Buckeye. ويسببه الفطر *Phytophthora* spp.، ويظهر على شكل مناطق مائية water soaked ذات دوائر بنية مميزة وتحدث الإصبة عادة فى الثمار التى تلامس الأرض، خاصة بعد الرى أو المطر. ويؤدى استعمال الأغطية البلاستيكية للتربة إلى تقليل الإصابة.

جـ – العفن الرمادى grey mould:

يسببه الفطر *Botrytis cinerca*، ويظهر على الثمار الخضراء على شكل دوائر بيضاء تحيط بمركز أخضر (وهو ما يعرف باسم عين الشبح ghost spot) تصبح المناطق المصابة مائية المظهر، ثم تتحول إلى اللون الأخضر الضارب إلى الرمادى أو البنى. تحدث الإصابة بالفطر قبل الحصاد، وقد تظهر الأعراض فى الحقل أو بعد الحصاد. تفيد المعاملة ببعض المبيدات الفطرية، مثل بوتران Botran فى منع الإصابة بهذا المرض بعد الحصاد

ومن بين ٣٠٠ عزلة حُصِل عليها من الخمائر، وجد أن ١٤ عزلة من النوعين *Rhodotorula rubra*، و *Candida pelliculosa* كانت شديدة الفاعلية ضد الفطر *Botrytis cinerca* فى البيئة الصناعية. وقد اختبرت فاعلية هذه العزلات فى مكافحة الفطر بعد الحصاد فى ثمار تم عدواها به صناعيًا، وظهر أن إحدى عشرة عزلة منها (من كلا الفطرين) كانت فعّالة فى مكافحة الفطر بمقدار ٦٠٪، ووفرت عزلة واحدة هى السلالة 231 من *R. rubra* حماية تامة من الإصابة (Dal Bello وآخرون ٢٠٠٨)

د – عفن ريزوبس rhizopus rot

يسببه الفطر Rhizopus stolonifer، ولا يصيب إلا الثمار المجروحة أو التشققة

وتظهر الأعراض كبقع كبيرة يوجد فيها ميسيليوم رمادى اللون، تبدو فيه كتل من جراثيم الفطر بلون أبيض أو رمادى ويكافح هذا الفطر جيدًا بالمعاملة بالبوتران.

هـ – عفن التربة soil rot:

يسببه الفطر *Rhizopus solani*، وتظهر الإصابة أولا على شكل بقع حمراء ضاربة إلى البنى على سطح الثمار التى تلامس التربة، ثم تأخذ البقع بعد ذلك لونًا بنيًا داكنًا. وتكون غائرة. يفيد استعمال الأغطية البلاستيكية للتربة، أو التربية الرأسية للطماطم فى خفض حالات الإصابة.

و – العفن البكتيرى الطرى bacterial soft rot والتحلل السريع rapid breakdown:

تسببه البكتيريا *Erwinia carotovora*، وتبدأ الإصابة على شكل بقع صغيرة مائية المظهر، وغائرة قليلا ثم تتسع البقع بسرعة لتشمل معظم الثمار، وتفقد الأنسجة المصابة صلابتها كلية وتصبح مائية. وقد تبدأ الإصابة فى الحقل، أو بعد الحصاد، وتنتقل الإصابة من الثمار المصابة إلى الثمار السليمة المجاور لها، وتناسبها الحرارة المرتفعة (عن Grierson & Kader ١٩٨٦).

ويحدث التحلل السريع لثمار الطماطم – عادة – نتيجة للإصابة بأحد مرضين أو كلاهما، وهما: بكتيريا العفن الطرى soft rot، وبكتيريا العفن الحامضى sour rot. وفى كلا المرضين تظهر مساحة فاقدة لصلابتها بعد نحو ١٢–١٨ ساعة من الحصاد تزداد تدريجيًا سطحيًا وفى العمق حتى بعد التعبئة وفى حجرة الإنضاج. تنتج هذه البقع كميات كبيرة من السوائل؛ لتظهر مساحات مبتلة تنضح على الكراتين ذاتها، ولينتشر العفن داخل الكرتونة.

**ومن أهم خصائص الإصابة بالعفن الطرى البكتيرى ما يلى:**

١ – تصاب الثمار فى أى مرحلة من النضج ومن خلال الجروح أو مع الماء من خلال ندبة العنق.

٢ – سريعًا من تتحلل الثمرة وتنتج – عادة – سائلاً غير صاف ورائحة غير مقبولة.

٣ — تكون بداية الإصابة كبقع مائية المظهر عند الـ ح فى خلال ١٢ ساعة أيًا كانت مسببات الجروح

٤ — قد يظهر على سطح الثمار المصابة نمو لأحد الخمائر الفطرية

٥ — تنتشر الإصابة من ثمرة لأخرى عن طريق إفرازات الثمار المصابة

٦ — تناسب الإصابة الرطوبة العالية وحرارة تتراوح بين ٢٥، و ٣٦°م.

**ومن أهم خصائص الإصابة بالعفن الحامضى ما يلى:**

١ — تسببه بعض أنواع الـ *Geotrichum* spp. بالإضافة إلى بكتيريا منتجة لحامض اللاكتيك

٢ — لا تحدث الإصابة إلا من خلال الجروح، حيث تبدأ الأعراض الأولى بظهور بقع مائية المظهر حول الجروح التى حدثت من خلالها الإصابة.

٣ — لا تتسع مساحة البقع المصابة بنفس سرعة اتساع بقع العفن الطرى البكتيرى.

٤ — تكون إفرازات الثمرة فى موقع البقع شفافة وذات رائحة حامضية واضحة

٥ — تُغطى البقع بنمو ميسيليومى لأحد الخمائر فى خلال ٢٤ ساعة.

٦ — تناسب الإصابة حرارة ٣٠°م.

٧ — لا تصاب الثمار الخضراء المكتملة التكوين بالعفن الحامضى إلا إذا أُضعِفت أنسجتها بتعرضها لأضرار البرودة، ولكن الثمار الحمراء تكون قابلة للإصابة (J.A. Bartz وآخرون — Univ Florida IFAS – الإنترنت — ٢٠٠٩).

وفى دراسة أجريت على أعفان ثمار الطماطم فى مصر (Omar & Mahmoud ١٩٩٤) أمكن عزل ستة أنواع فطرية من ١٠٠ عينة ثمرية، وكانت أكثر الأنواع الفطرية تواجدًا هى *Alternaria alternata*، و *Aspergillus flavus*، و *A. niger*، وجاءت بعدها الأنواع *Aspergillus famarii*، و *Cochliobolus spicifer*، و *Penicillium citrinum*. وإلى جانب خطورة هذه الفطريات فى إحداث أعفان الثمار، فإن الفطر *A alternata* أنتج أعدادًا كبيرة من السموم الفطرية فى الثمار، كما أنتج الفطر *A. flavus* الأفلاتوكسينات $B_1$، و $B_2$، وهى من السموم المحدثة للسرطان

وللتفاصيل المتعلقة بأمراض الطماطم بعد الحصاد وطريقة مكافحتها .. يراجع Mahovic وآخرون (٢٠٠٧)

٩ — المعاملة بأشعة جاما:

لا تعتبر الطماطم من المنتجات البستانية التى يمكن إطالة فترة تخزينها بتعريضها لأشعة جاما أو أشعة X؛ ذلك لأنها تفقد صلابتها فى غضون بضع ساعات من تعرضها للإشعاع، حتى ولو كانت الثمار خضراء مكتملة التكوين عند معاملتها، ويرجع ذلك إلى الأضرار التى تحدثها معاملة الإشعاع بالأغشية الخلوية، وبعض إنزيمات الجدر الخلوية.

وقد وجد El Assi وآخرون (١٩٩٧) أن ثمار الطماطم الخضراء مكتملة النمو، والوردية الناضجة فقدت صلابتها بوضوح فى خلال ساعات من تعرضها لمعاملة إشعاع تراوحت بين ٠,٧ و ٢,٢ kGy من أشعة جاما أو أشعة إكس، وأن الاختلافات فى درجة الصلابة بين الثمار المعاملة وثمار الكنترول استمرت خلال فترة التخزين — التى أعقبت المعاملة — على حرارة ٢٠ °م. وكان تأثير المعاملة واضحًا — خاصة — على نسيج الجدر الثمرية. وفى جميع الحالات .. أدت المعاملة إلى زيادة التسرب الأيونى. وعلى الرغم من فقد الثمار الخضراء مكتملة النمو المعاملة بالأشعة لصلابتها — خلال فترة الإنضاج فى حرارة ٢٠ °م التى أعقبت المعاملة — إلا أنها شهدت انخفاضًا دائمًا فى نشاط إنزيم البولى جالاكترونيز الذى لم يتعد ١٠٪ من نشاطه الطبيعى الذى لوحظ فى ثمار الكنترول. وبالمقارنة .. كان تأثر نشاط إنزيم البولى جالاكتورنيز فى الثمار الوردية أقل مما فى الثمار الخضراء مكتملة النمو، ولكنه استمر منخفضا — كذلك — عما فى ثمار الشاهد، كما ازداد نشاط الإنزيمين: بكتين مثيل استريز Pectinmethylestrase، وبيتا جالاكتوسيديز β-galactosidase فى المراحل الأولى بعد المعاملة فى كُلٍّ من مرحلتى نضج الثمار، ولكن لوحظ انخفاضٌ فى نشاط الإنزيمين بعد فترة طويلة من التخزين.

## معاملات خاصة تعطاها الطماطم قبل التخزين والشحن

تُعطى ثمار الطماطم معاملات خاصة قبل تخزينها أو شحنها، وذلك بهدف إما إطالة

فترة تخزينها، وإما إبطاء تدهورها، وإما الحد من إصابتها بأمراض ما بعد الحصاد، وإما لكل هذه الأهداف مجتمعة وبينما تطبق بعض هذه المعاملات على النطاق التجارى، فإن غالبيتها ما زالت فى مرحلة النطاق البحثى

## معاملة ندبة العنق بالشيتوسان

أدت معاملة مكان اتصال العنق بالثمرة فى الطماطم بالشيتوسان chitosan (بمقدار ٤٠٠ ميكروليتر من محلول شيتوسان بتركيز ١٠ جم/لتر) إلى تثبيط نمو الفطر *Alternaria alternata* المسبب لمرض العفن الأسود (الذى سبق عدوى الثمار به)، وذلك عند حفظ الثمار على ٢٠°م لمدة ٢٨ يومًا ولقد كان نشاط الإنزيمات المحللة للأنسجة (وهى polygalacturonase، و pectate lyase، و cellulase) قريبًا من البقع المرضية (التى بدأ ظهورها بعد ٤ أيام فى الكنترول وبعد أكثر من ٧ أيام فى الثمار المعاملة) أعلى فى ثمار الكنترول عما فى الثمار المعاملة بالشيتوسان. كذلك فإن معاملة الشيتوسان ثبطت السموم التى أفرزها الفطر وهى الـ alternariol، و alternariol monomethylether، وحفزت إنتاج الفيتو ألاكسين ريشيتين rishitin فى أنسجة الثمرة، وحافظت على بقاء الـ pH عند ٤٫٦ مقارنة بانخفاضه إلى ٤٫٠ فى ثمار الكنترول ولجميع تلك التغيرات علاقة بزيادة مقاومة الثمار للإصابة المرضية (Reddy وآخرون ٢٠٠٠).

## تغليف الثمار بغشاء بروتينى

وجد Park وآخرون (١٩٩٤) أن تغليف ثمار الطماطم – وهى فى طور التحول أو طور النضج الوردى – بغشاء رقيق من زيين الذرة corn-zein، ثم حفظها فى حرارة ٢١°م أدى إلى تأخير تلونها، وتقليل فقدها لوزنها وصلابتها، وزيادة فترة صلاحيتها للتخزين بمقدار ٦ أيام وتجدر الإشار إلى أن الغشاء الذى استعمل فى هذه الدراسة عبارة عن مادة طبيعية مأكولة تستخرج من حبوب الذرة

كما أدى تغليف ثمار الطماطم فى غشاء من البولى أوليفين polyolefin بسمك ٠٫٠١٥

مللى ميكرون إلى تقليل الفقد فى وزن ثمار الطماطم وفى صلابتها خلال خمسة أسابيع من التخزين على ١٠ °م، و ٨٠٪ رطوبة نسبية، وذلك مقارنة بعدم استعمال أى أغشية أو استعمال غشاء من البولى فينيل كلورايد بسمك ٠,٠١٧٧ مللى ميكرون، إلا أن الإصابة بالألترناريا ازدادت فى ثمار جميع المعاملات بعد أربعة أسابيع من التخزين (Freeza وآخرون ١٩٩٨).

## التشميع والمعاملة بالمطهرات الفطرية

تفيد المعاملة بالمطهرات الفطرية مثل: الكابتان، والدياثين، والثيرام، و o-phenylphenate فى تقليل أعفان الثمار. وأفضل وسيلة للمعاملة بتلك المطهرات هى غمر الثمار فى محلول شمعى من المبيد كذلك تفيد معاملة الثمار بالبينوميل، وبهيبوكلوريت الصوديوم. أما المعاملة بالروفرال Rovral — وهو مبيد فطرى كذلك — فإنها تسرع نضج الثمار. ولا تجرى أى من هذه المعاملات إلا عند الرغبة فى تخزين الطماطم لفترات طويلة.

## التعريض للحرارة المرتفعة نسبيا قبل التخزين

يؤدى تعريض ثمار الطماطم لحرارة مرتفعة نسبيًا إلى زيادة قدرتها على الاحتفاظ بجودتها أثناء التخزين البارد، وتقليل حساسيتها للإصابة بأضرار البرودة، وتتشابه الطماطم فى هذا الأمر مع كثير من المحاصيل البستانية الأخرى الحساسة للبرودة. وتجرى هذه المعاملة — فى مختلف الثمار الحساسة للبرودة — إما بإبقاء الثمار فى هواء دافئ تتراوح حرارته بين ٣٨°م و ٤٦°م لمدة طويلة نسبيًا تتراوح بين ١٢ ساعة و ٤ أيام، وإما بغمرها فى الماء الحار الذى تتراوح حرارته بين ٤٥°م و ٦٠°م لفترة قصيرة لا تتجاوز ساعة واحدة. وتعد كلتا المعاملتان مؤثرتين فى خفض حساسية الطماطم لأضرار البرودة لدى تخزينها — بعد المعاملة الحرارية — على ٢ °م، سواء أكانت خضراء مكتملة التكوين، أم فى درجات أكثر تقدمًا من التلوين (McDonald وآخرون ١٩٩٨).

ولقد وجد Lurie & Klein (١٩٩١) أن بقاء ثمار الطماطم لمدة ٣ أيام فى حرارة ٣٦

°م إلى ٤٠°م قبل تعريضها لحرارة ٢°م — لمدة ٣ أسابيع — منع إصابتها بأضرار البرودة، وقد كملت هذه الثمار نضجها بصورة طبيعية، ولكن بمعدل أبطأ من ثمار الكنترول كذلك انخفضت الإصابة بالأعفان فى ثمار الطماطم التى تلقت المعاملة الحرارية القصيرة

وفى دراسة لاحقة، وجد Lurie وآخرون (١٩٩٣) أن إنتاج الإثيلين توقف كلية — تقريبًا — خلال فترة معاملة الثمار بالحرارة العالية (٣٨°م) لمدة ٣ أيام، ولكنه عاد سريعًا إلى معدل إنتاجه الطبيعى بعد نقل الثمار إلى حرارة ٢٠°م وبعد ٣ أسابيع من تخزين الثمار على حراره ٢°م، كان إنتاج الإثيلين — من الثمار التى تلقت المعاملة الحرارية قبل التخزين — طبيعيًّا أثناء نضجها على حرارة ٢٠°م، بينما كان إنتاج الإثيلين من ثمار الكنترول — التى خزنت مباشرة على حرارة ٢°م بدون أن تتلقى المعاملة الحرارية — منخفضًا كما لم تتلون ثمار الكنترول باللون الأحمر بينما تلونت الثمار التى تلقت المعاملة الحرارية بصورة طبيعية كذلك ظهرت بقع بنية غائرة على ثمار الكنترول التى كانت — أيضًا — أكثر قابلية للإصابة بالفطريات من الثمار المعاملة بالحرارة وقد صاحبت المعاملة الحرارية زيادة كبيرة فى الرنا الناقل للشفرة الوراثية mRNA الخاص بالبروتينين المصاحبين للصدمات الحرارية، وهما HSP17، و HSP70، وظلت هذه الزيادة مستمرة خلال فترة تخزين الثمار فى حرارة ٢°م التى دامت لمدة ٣ أسابيع

وعلى الرغم من أن Whitaker (١٩٩٤) وجد — كذلك — أن تعريض ثمار الطماطم لحرارة ٣٨°م لمدة ٣ أيام جعلها أكثر قدرة على تحمل التخزين — بعد ذلك — فى حرارة ٥°م لمدة ٢٠ يومًا، إلا أنه أوضح أن الإنضاج الجزئى للطماطم — قبل التخزين فى الحرارة المنخفضة — يكون — أحيانًا — أفضل من المعاملة الحرارية فى تجنب إصابة الثمار بأضرار البرودة

وتجدر الإشارة إلى أن إبقاء ثمار الطماطم الخضراء مكتملة التكوين أو الوردية اللون فى حرارة ٣٨°م لمدة ثلاثة أيام منع — تمامًا — إصابتها بالعفن الذى يسببه الفطر *Botrytis cinerea* (Fallik وآخرون ١٩٩٣)

كذلك أفاد نقع الثمار فى ماء ساخن تبلغ حرارته ٤٠ °م – بدون المعاملة بالمبيدات – فى تقليل الإصابة بالأعفان، ولكن إضافة المبيدات الفطرية إلى الماء الذى تنقع فيه الثمار يزيد كفاءة المعاملة فى تقليل الأعفان.

وقد دُرس تأثير المعاملة الحرارية لثمار الطماطم الخضراء المكتملة التكوين، والوردية، والحمراء الفاتحة اللون، والحمراء على حرارة ٣٨ °م لمدة ثلاثة أيام قبل تخزينها على ٢ °م لمدة ستة أسابيع إما فى أكياس ورقية، وإما فى أكياس من البوليثيلين، وذلك على كل من التغيرات اللونية بالثمار، وأضرار البرودة المنظورة، وإنتاج كل من ثانى أكسيد الكربون والإثيلين، والتسرب الأيونى بعد انتهاء فترة التخزين البارد، ووجد ما يلى:

١ – أصيبت الثمار التى لم تعامل بالحرارة بأضرار البرودة بدرجة أكبر من الثمار التى عوملت بالحرارة، وكانت أبطأ فى التلوين.

٢ – أظهرت الثمار التى خزنت فى أكياس البوليثيلين – سواء أكانت قد عُوملت بالحرارة، ام لم تعامل – قدرًا أكبر من أضرار البرودة، والتسرب الأيونى، وإنتاج ثانى أكسيد الكربون، وقدرًا أقل من إنتاج الإثيلين مقارنة بما حدث فى الثمار التى خزنت فى أكياس ورقية.

٣ – تلونت الثمار بسرعة أكبر فى الأكياس الورقية.

٤ – تناقصت الحساسية للإصابة بأضرار البرودة – تدريجيًا – من الثمار الخضراء المكتملة التكوين إلى الثمار الحمراء (Hakim وآخرون ١٩٩٥).

وأدى حقن ثمار الطماطم بالـ $^{35}$S-methionine قبل تدفئتها إلى ٣٨ °م لمدة ٤٨ ساعة إلى تراكم بروتينات خاصة مُعَلَّمة لم تكن متواجدة فى الثمار التى حفظت – منذ البداية – على حرارة ٢٠ °م. واستمرت تلك البروتينات متواجدة لمدة ٢١ يومًا عندما كان تخزين الثمار على ٢ °م، ولكنها اختفت فى خلال أربعة أيام من وضع الثمار على ٢٠ °م بعد المعاملة الحرارية. كذلك أصبحت الثمار حساسة لأضرار البرودة عندما وضعت – بعد معاملتها حراريًّا – على ٢٠ °م لمدة أربعة أيام قبل نقلها إلى ٢ °م، ولكن الثمار لم تظهر

عليها أضرار البرودة عندما كان نقلها إلى ٢°م بعد تعريضها للمعاملة الحرارية مباشرة (Sabehat وآخرون ١٩٩٥)

كما أدت تدفئة ثمار الطماطم إلى ٣٨°م لمدة ٤٨ ساعة إلى منع إصابتها بأضرار البرودة لدى تخزينها على ٢°م لمدة ٢١ يومًا، مقارنة بإصابة شديدة حدثت فى ثمار الكنترول التى لم تعامل. ولقد لوحظ وجود عديد من البروتينات (معظمها ذات وزن جزيئى منخفض وبعضها ذات وزن جزيئى مرتفع) فى الثمار التى عوملت بالحرارة، بينما كانت تلك البروتينات معدومة أو قليلة التواجد فى الثمار التى لم تعامل. هذا .. ولم يستمر تواجد تلك البروتينات فى الثمار، وكذلك لم يستمر تحمل الثمار لأضرار البرودة إذا ما تركت فى حرارة ٢٠°م بعد معاملتها بالحرارة (Sabehat وآخرون ١٩٩٦).

وقد وجد McDonald وآخرون (١٩٩٦) أن غمر ثمار الطماطم الخضراء مكتملة النمو فى الماء فى حرارة ٤٢°م لمدة ٦٠ دقيقة، أو فى الهواء فى حرارة ٣٨°م لمدة ٤٨ ساعة، ثم تخزينها فى حرارة ٢°م، أو ١٣°م، قبل نقلها إلى حرارة ٢٠°م هذه الثمار أكملت نضجها بصورة طبيعية، بينما تعفنت ثمار الكنترول التى لم تعط أى من المعاملتين الحراريتين قبل أن تكتسب اللون الأحمر، علمًا بأن المعاملة الحرارية لم يكن لها أى تأثير على اللون النهائى للثمار، أو على محتواها من الليكوبين، أو صفات الجودة الداخلية بها سواء أكان تخزينها — بعد ذلك فى حرارة ٢°م أم ١٣°م.

وأدى تعريض ثمار الطماطم الخضراء المكتملة التكوين لحرارة ٣٩°م لمدة ٧٢ ساعة قبل تخزينها على ٢°م لمدة تراوحت بين أسبوعين وستة أسابيع قبل نقلها إلى ٢٤°م لمدة أسبوع إلى منع تدهور جودة الثمار أثناء تخزينها البارد، مقارنة بالتخزين المباشر على ٢°م، إلا أن إطالة فترة التخزين البارد من أسبوعين إلى ستة أسابيع ازداد معه الفقد فى الوزن، والتحلل، كما ازداد الـ pH، بينما انخفض كلا من المحتوى الكلوروفيللى والكاروتينى، والصلابة، ونسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية والحموضة المعايرة (Hakım وآخرون ١٩٩٦)

وكان للتبريد التدريجى لثمار الطماطم الخضراء المكتملة التكوين حتى ٢ °م أثره الإيجابى فى تقليل إصابتها بأضرار البرودة، ولكن معاملتها بالحرارة لمدة ٢٤ أو ٤٨ ساعة على ٣٨° قبل تخزينها على ٢ °م منع ظهور أضرار البرودة، وقد اختفى ذلك التأثير عندما نقلت الثمار من ٣٨°م إلى ٢٠°م لمدة أربعة أيام قبل تخزينها على ٢ °م. كذلك لم تكن المعاملة بحرارة تزيد عن ٣٨°م بنفس كفاءة المعاملة بتلك الدرجة، بينما ظهرت أضرار للحرارة العالية عندما كانت المعاملة الحرارية لمدة ٢٤ ساعة على ٤٢ أو ٤٦°م (Lurie & Sabehat ١٩٩٧).

وأدت معاملة ثمار الطماطم وهى فى مرحلة التحول بالهواء الحار على ٣٨°م لمدة ٤٨ ساعة، أو للغمر فى الماء لمدة ٣٠ دقيقة على حرارة ٤٠°م أو لمدة دقيقتين على ٤٦، أو ٤٨، أو ٥٠°م قبل تخزينها على ٢°م إلى خفض إصابتها بأضرار البرودة وخفض إصابتها بالأعفان لمدة ثلاثة أسابيع، بينما تعرضت الثمار التى لم تعامل بالحرارة لأضرار البرودة على ٢°م. وتواجد بالجدار الثمرى الخارجى للثمار التى عوملت بالحرارة كميات أكبر من الدهون الفوسفاتية وأقل من الاستيرول sterol عما فى الثمار التى لم تعامل بالحرارة. كذلك احتوت الثمار التى عوملت بالحرارة على محتوى أقل من الأحماض الدهنية المشبعة على ٢°م، ولكن ليس على ١٢°م. وأظهر الفحص بالمجهر الإليكترونى المقطعى وجود شقوق دقيقة فى سطح كل الثمار، إلا أن الثمار التى لم تعامل بالحرارة ظهر بها — كذلك — نموات فطرية فى تلك الشقوق، بينما لم تظهر تلك النموات فى شقوق الثمار التى عوملت بالحرارة. ويبدو أن جميع تلك التأثيرات للمعاملة الحرارية تؤدى إلى تقوية الأغشية الخلوية، واستمرارها فى عملها؛ بما يؤدى إلى منع انهيار الخلايا؛ الأمر الذى وجد فى أجزاء الثمار التى ظهرت عليها أضرار البرودة (Lurie وآخرون ١٩٩٧).

كذلك أدى غمر الطماطم الخضراء المكتملة التكوين فى ماء دافئ (٣٨ إلى ٥٤°م) لمدة ٣٠–٩٠ دقيقة قبل تخزينها على ٢°م لمدة ٢–٦ أسابيع إلى انخفاض أضرار البرودة فيها، مع زيادة فى سرعة تحلل الكلورفيل وتمثيل الليكوبين، وانخفاض فى الحموضة المعايرة وفى إنتاج الإثيلين وثانى أكسيد الكربون والتسرب الأيونى عما حدث فى ثمار

معاملة الكنترول التي غُمرت في ماء بلغت حرارته ٢٠°م وقد كانت معاملة الغمر في الماء على حرارة ٤٦°م هي الأفضل من حيث أنها كانت الأقل في كل من أضرار البرودة وإنتاج ثاني أكسيد الكربون. وقد أدت زيادة فترة الغمر إلى خفض أضرار البرودة وإنتاج الإثيلين، كما ازدادت أضرار البرودة بزيادة فترة التخزين (Hakim وآخرون ١٩٩٧).

ولم يؤد غمر ثمار الطماطم الخضراء في الماء على حرارة ٥٠°م لمدة ٢,٥ دقيقة إلى ظهور أي أضرار للمعاملة الحرارية، بينما أدى تعريضها لنفس الدرجة لمدة ٥ أو ١٠ دقائق، أو لمدة ٢,٥ دقيقة على ٥٢°م إلى ظهور أضرار طفيفة للحرارة على الثمار وكل هذه المعاملات منعت ظهور أضرار البرودة (المتمثلة في منع النضج، وتشقق مكان العنق، وانهيار الأنسجة، وزيادة التحلل) عند التخزين بعد ذلك على ٢°م لمدة أسبوعين، ثم على ٢٠°م — لأجل الإنضاج — حتى ١٠ أيام. أدى التعرض لحرارة ٥٠°م لأي مدة إلى إسراع النضج عند التخزين بعد ذلك على ١٢°م، ولكن تأخَّر التلوين — وإن كان قد حدث طبيعيًا — عندما كان التخزين على ٢°م وقد ضخمت المعاملة الحرارية من الفروق في درجة اكتمال التكوين بين الثمار في اللوط الواحد، حيث بدا أن الثمار الأقل اكتمالاً في النضج كانت أكثر حساسية للحرارة بتثبيط النضج فيها عما في الثمار التي كانت أكثر اكتمالاً في النضج (Brecht وآخرون ١٩٩٩).

كذلك أدى غمر ثمار الطماطم الخضراء المكتملة التكوين في ماء ساخن على حرارة ٥٠ ± ٢°م يحتوي ٥ جم/لتر من كلوريد الكالسيوم لمدة خمس دقائق، ثم وضعها على ٣ ± ١°م لمدة وصلت إلى أسبوعين قبل نقلها إلى ١٤±٢°م. أدت تلك المعاملة إلى خفض حساسية الثمار لأضرار البرودة بصورة أفضل من المعاملة المنفردة بأي من الحرارة أو كلوريد الكالسيوم، كما أدت إلى زيادة احتفاظ الثمار بجودتها لمدة وصلت إلى أسبوعين (Lacheene ١٩٩٩).

وأمكن تخزين الطماطم — وهي في مرحلة النضج الوردي — لأكثر من ثلاثة أسابيع على ٥°م دون أن تتعرض للإصابة بأضرار البرودة، وذلك بسبق معاملتها بالماء الساخن مع التفريش لمدة ١٥ ثانية على ٥٢°م، علمًا بأن هذه المعاملة وفرت حماية للثمار من

الإصابة بفطر البوتريتس فى حالة ما إذا كان متواجدًا بالفعل على سطح الثمار أو حقنت به بعد ٢٤ ساعة من المعاملة (Fallik وآخرون ٢٠٠٢).

وقد نتج عن تدفئة ثمار الطماطم فى الهواء إلى ٣٤°م لمدة ٢٤ ساعة قبل تخزينها على ١٠°م لمدة ٣٠ يومًا أقل فقد فى محتواها من مضادات الأكسدة وأقل تغير فى تطور التلوين المناسب. ولم يكن لخفض تركيز الأكسجين إلى ٥٪ أثناء المعاملة الحرارية فائدة فى زيادة كفاءة المعاملة فى تقليل أضرار البرودة (على ٤°م)، أو حماية الثمار من الآثار السلبية للمعاملة الحرارية (Soto-Zamora وآخرون ٢٠٠٥).

## التعريض للدفء بصورة متقطعة أثناء التخزين

وجد Artés & Escriche (١٩٩٤) أن غمر ثمار الطماطم الخضراء مكتملة النمو أو التى وصلت إلى طور بداية التلوين فى محلول من الإيروديون iprodione بتركيز ٠,٥ جم/لتر، ثم تخزينها على ٩°م لمدة ٤ أسابيع مع نقلها إلى حرارة ٢٠°م لمدة يوم واحد أسبوعيًا خلال تلك الفترة — وهو ما يعرف باسم التدفئة المتقطعة Intermittent Warming — منع حدوث أى تحلل بالثمار أو ظهور أى أعراض للبرودة عليها، وأدى إلى تحسين لون الثمار الخارجى، مقارنة بالتخزين المستمر فى حرارة ٩°م. وعلى الرغم من أن تلك المعاملة صاحبتها زيادة فى سرعة فقد الثمار لصلابتها، إلا أنها أخرت انكماشها، وأعطت أقل فاقد فى الثمار سواء أكان ذلك عند نهاية فترة التخزين، أم خلال فترة الإنضاج فى حرارة ٢٠°م لمدة ٤ أيام بعد انتهاء التخزين، وذلك مقارنة بالتخزين فى حرارة ٦°م أو ١٢°م سواء أكان مصاحبًا بتدفئة متقطعة لمدة يوم واحد أسبوعيًا، أم لم يكن مصاحبًا بها.

كذلك أدت تدفئة ثمار الطماطم المخزنة على ٢°م لمدة ٣٦ ساعة على ٢٤°م فى نهاية كل أسبوع من التخزين البارد (الذى استمر حتى أربعة أسابيع قبل انضاج الثمار على ٢٤°م لمدة ستة أيام) .. أدت معاملة التدفئة تلك إلى انخفاض تعرض الثمار للإصابة بأضرار البرودة، مع سرعة اكتسابها للون الأحمر، ونقص حموضها المعايرة، وكذلك

نقص التسرب الأيونى منها، مع منع تكوين البذور فيها لمدة اسبوعين، ومنع النقر السطحية لمدة ثلاثة أسابيع، ولكن ازداد فيها النقص فى الوزن بين الأسبوعين الثانى والرابع (Hakim وآخرون ١٩٩٧).

## المعاملة بالإثيلين

أدت معاملة ثمار الطماطم الخضراء المكتملة التكوين بالإثيلين قبل التخزين إلى منع إصابتها بأضرار البرودة لمدة خمسة أيام على ٢,٥°م، كما أدت إلى زيادة فترة صلاحيتها للتسويق سواء أكان تخزينها فى حرارة ٢,٥°م أم أعلى من ذلك. هذا إلا أن الطماطم أصبحت أقل استجابة لمعاملة الإثيلين بزيادة فترة تخزينها سواء أكان ذلك على ٢,٥ أم على ١٢,٥°م وعليه فإنه يوصى بمعاملة الثمار الخضراء المكتملة التكوين بالإثيلين قبل تخزينها أو شحنها، لأن ذلك يفيد فى زيادة سرعة تلونها مع تجانس التلوين، وانخفاض احتمالات إصابتها بأضرار البرودة (Chomchalow وآخرون ٢٠٠٢).

## المعاملة بالـ 1-MCP

أدت معاملة ثمار الطماطم الخضراء المكتملة التكوين بالمركب المانع القوى لفعل الإثيلين 1-methylcyclopropene (اختصارًا: 1-MCP) إلى تأخير تلوين الثمار، وطراوتها، وإنتاجها للإثيلين. كما حدث الأمر ذاته عندما عوملت الثمار وهى فى طور التحول أو اللون البرتقالى. كذلك قللت المعاملة من الـ mRNA الخاص بثلاث إنزيمات ذات علاقة بالنضج – عندما كانت المعاملة فى أى مرحلة من النضج – وهى

phytoene synthase 1

expansin 1

1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid (ACC) oxidase 1

ويستفاد مما تقدم أن عملية نضج ثمار الطماطم يمكن تثبيطها على المستويين الفسيولوجى والجزيئى حتى ولو كانت الثمار فى مرحلة متقدمة من النضج (Hoeberichts وآخرون ٢٠٠٢)

وقد تأخر نضج ثمار الطماطم الخضراء المكتملة التكوين بشدة على ٢٠°م فى هواء يحتوى على ٠,١ حجم فى المليون من الإثيلين عندما عوملت بالـ 1-MCP بتركيز تراوح بين ٠,١، و ١٠٠ حجم فى المليون، مع تناسب التأخير طرديًا — بصورة مباشرة — مع تركيز الـ 1-MCP وفترة التعرض. وأدى تعريض الثمار لتركيز ٥ حجم فى المليون من الـ 1-MCP لمدة ساعة إلى زيادة الوقت اللازم لاكتمال نضج الثمار بنحو ٧٠٪. وقد أظهرت الثمار المعاملة فقدًا أقل فى الحموضة المعايرة عند النضج، الأمر الذى انعكس فى صورة انخفاض فى نسبة المواد الصلبة الذائبة إلى الأحماض، مقارنة بما كانت عليه النسبة فى الثمار غير المعاملة. أما معاملة الثمار الناضجة بالـ 1-MCP لمدة ساعتين بتركيز ٥–١٠٠ حجم فى المليون فقد أدى إلى زيادة فترة احتفاظ الثمار بصلاحيتها قياسًا على مظهرها، وبلغت تلك الزيادة ٢٥٪ من فترة الصلاحية العادية عندما كانت المعاملة بتركيز ٢٠ حجم فى المليون. وقد أدت المعاملة بالمركب إلى خفض معدل التنفس خلال الـ٦–٨ أيام الأولى — فقط — بعد المعاملة، ولكنها منعت الفقد فى الحموضة المعايرة خلال كل فترة التخزين. ويعنى ذلك أن المعاملة بال 1-MCP تجعل الثمار المخزنة أفضل طعمًا من تلك التى لا تُعامل (Wills & Ku ٢٠٠٢).

وبينما أدت معاملة عناقيد الطماطم الشيرى بأى من حامض الجاسمونيك بتركيز مللى مول واحد، أو الإثيلين بتركيز ٥٠ حجم فى المليون إلى انفصال الثمار عن العناقيد أثناء التخزين، فإن معاملة العناقيد بال 1-MCP بتركيز ١٠٠ نانو ليتر/لتر لمدة ٢٤ ساعة أدت إلى وقف انفصال الثمار، إلا أن تأثير تلك المعاملة كان جزئيًا فقط إذا ما أجريت بعد ثلاث ساعات من معاملة العناقيد بحامض الجاسمونيك أو بالإثيلين. كذلك أدت معاملة حامض الجاسمونيك والإثيلين إلى زيادة التعبير عن إنزيمات الـ endo-1, 4-β-glucanases، بينما أوقفت معاملة الـ 1-MCP التعبير عنها؛ بما يفيد علاقة تلك الإنزيمات بعملية انفصال الثمار (Ben-Moualem وآخرون ٢٠٠٤).

كما أدت معاملة ثمار الطماطم الخضراء المكتملة التكوين بال 1-MCP مرة واحدة إلى تأخير التلوين بمقدار ٦ أيام، وأدت معاملة ثانية بالمركب بعد ١٠ أيام من الأولى إلى

تأخير التلوين لمدة ٨–١٠ أيام أخرى أما المعاملة المستمرة بالمركب فقد منعت التلوين كلية فى كل من الثمار التى كانت فى مرحلة التحول والثمار التى كانت نصف ناضجة طوال مدة المعاملة (٣٤ يومًا)، ولكن ذلك لم يكن مصاحبًا سوى بنقص جزئى فى الفقد فى الصلابة وعندما كانت معاملة الثمار بالـ 1-MCP فى مرحلة ٥٠٪ تلوين تأخر تلون الجل عن التلون الخارجى مقارنة بما حدث من تغيرات لونية فى ثمار الكنترول هذا بينما كان تأثير المعاملة على مكونات النكهة طفيفًا، ولم تؤثر المعاملة على محتوى الثمار من السكر او الحموضة المعايرة (Mir وآخرون ٢٠٠٤)

وأدى غمر ثمار الطماطم وهى فى طور التحول لمدة دقيقة فى محلول 1-MCP بتركيزات تراوحت بين ٥٠، و ٦٠٠ جزء فى المليون ثم تخزينها على ٢٠°م إلى تثبيط أو تأخير إنتاجها للإثيلين، وتنفسها، وتلونها سطحيًا، وتراكم الليكوبين ونشاط الـ polygalacturonase فيها، وكانت تلك التأثيرات مرتبطة بالتركيز المستخدم، حيث بلغ التثبيط أقصى مداه عندما كان تركيز 1-MCP ٤٠٠ أو ٦٠٠ جزءًا فى المليون ( Choi & Huber ٢٠٠٨) وقد حدثت تأثيرات مماثلة عندما كان التركيز ٦٢٥ جزءًا فى المليون (Choi وآخرون ٢٠٠٨)

كما أدت معاملة ثمار الطماطم فى مرحلة اللون الوردى بالـ 1-MCP بتركيز ٢٥٠ نانو ليتر/لتر لمدة ٨ ساعات على ١٥°م قبل تخزينها على ١٥°م لمدة خمسة أيام ثم إنضاجها على ٢٢°م لمدة ٥–٨ أيام أدت تلك المعاملة إلى حدوث اختلافات فى خصائص قوام الثمار وصفاتها المرئية، ولكن ليس فى خصائص الطعم، وذلك مقارنة بثمار الكنترول. وكانت أبرز الصفات التى اختلفت فيها الثمار المعاملة أنها كانت أقل احمرارًا، وأن المادة الجيلاتينية فيها كانت كذلك أقل احمرارًا، وأن بذورها كانت أصغر حجما، وكان طعمها دقيقيًا بصورة أكبر (Cliff وآخرون ٢٠٠٩)

وعندما أُعطيت ثمار الطماطم – وهى فى مرحلة التحول اللونى breaker-turning stage – معاملات متعاقبة بالماء المكلور (١٣٤ مول هيبوكلوريت الصوديوم /م³)، و 1-MCP (٧٠ ٣ مللى مول / م³ أو ٢٠٠ ميكروجرام / لتر)، ثم خزنت على ٢٠°م، أدت

معاملة واحدة بالـ 1-MCP — سواء أكانت منفردة، أم قبل المعاملة بالكلورين — إلى إبطاء التلون السطحى للثمار ونضجها (Choi وآخرون ٢٠٠٩).

## التعريض لتركيزات عالية من ثانى أكسيد الكربون

يؤدى تعرض ثمار الطماطم لتركيزات عالية من ثانى أكسيد الكربون إلى تثبيط إنتاجها للإثيلين، من خلال تأثير ثانى أكسيد الكربون على موقع يسبق تحول الـ ACC إلى إثيلين (de Wild وآخرون ٢٠٠٥).

## الغمر فى محاليل أملاح الكالسيوم

أوضحت الدراسات أن غمر ثمار الطماطم الخضراء المكتملة التكوين لمدة دقيقة واحدة إلى أربع دقائق فى محلول ٢٪ كلوريد كالسيوم قبل تخزينها أحدث زيادة جوهرية فى محتوى قشرة الثمرة من الكالسيوم وقلل أعفان بعد الحصاد لمدة ٢٤ يومًا على ٢٠°م. كما تبين أن عفن ريزوبس Rhizopus rot تأثر بتركيز ٣٪ كلوريد الكالسيوم، بينما تأثر فطر الألترناريا بتركيز ٢٪، و ٣٪ (Ritenour & Narciso ٢٠٠٦).

## التعريض لأبخرة حامض الخليك

وجد Sholberg & Gaunce (١٩٩٥) أن بخار حامض الخليك بتركيز ٢,٧ — ٥,٤ مليجرامًا/لتر من الهواء أدى إلى منع إنبات جراثيم الفطرين *Botrytis cinerea*، و *Penicillium expansum* بصورة تامة. كذلك لم تتعفن ثمار الطماطم التى حقنت بالفطر *B. cinerea* عندما تعرضت بعد ذلك لأبخرة حامض الخليك بتركيز ٤ مليجرامين فى كل لتر من الهواء فى حرارة ٥°م وأدت زيادة الرطوبة النسبية من ١٧٪ إلى ٩٨٪ إلى زيادة كفاءة عملية التبخير بحامض الخليك فى حرارة ٥°م، و ٢٠°م.

## التعريض لأبخرة الكحول الإيثيلى

وجد Saltveit & Sharaf (١٩٩٢) أن معاملة ثمار الطماطم الخضراء مكتملة التكوين بأبخرة الإيثانول (الكحول الإيثيلى) ثبط نضجها، وأن معاملة الثمار التى فى مرحلة

بداية التلوين أو التى فى طور النضج الوردى ثبط احمرارها وقد أدت المعاملة بالإيثانول بمعدل ٢ مل/كجم من الثمار على ٢٠°م إلى زيادة التأخير فى النضج خلال فترة التخزين التالية للمعاملة فى حرارة ٢٠°م، و ١٥°م، و ١٢°م بمقدار ٥، و ٦، و ٧ أيام على التوالى، مقارنة بثمار الشاهد، دون أن يحدث أى نقص فى صفات الجودة كما أحدثت زيادة فترة التعريض لأبخرة الإيثانول من ساعتين إلى ست ساعات تأثيرات واضحة على إنتاج الإثيلين وثانى أكسيد الكربون، ولكن هذه الزيادة لم تؤثر جوهريًّا على فترة تثبيط النضج فى الثمار الخضراء مكتملة النمو، أو على معدل فقد الثمار لصلابتها أثناء نضجها وأدت زيادة الحرارة أثناء فترة التعريض للإيثانول إلى زيادة فاعلية المعاملة، مع حدوث نفس المستوى من تثبيط النضج بالتعريض للإيثانول لمدة ٦ ساعات فى ٢٠°م، مثل التعريض لمدة ٤ ساعات فى ٢٥°م، أو لمدة ساعتين فى ٣٠°م.

كما وجد أن تعريض ثمار الطماطم الخضراء المكتملة التكوين وفى طور التحول إلى أبخرة الإيثانول بمعدل ٥ مل/كجم من الثمار لمدة خمس ساعات على ١٨°م أدى إلى تثبيط تلون الثمار، حيث أكملت نضجها بعد ٣٢ يوما للثمار الخضراء المكتملة التكوين، و ٢٢ يوما للثمار التى عوملت فى طور التحول، مقارنة باكتمال التلوين بعد ٢٠، و ١٦ يوما فى ثمار الكنترول التى كانت من مرحلتى النضج، على التوالى (Hong وآخرون ١٩٩٥، و Hong & Lee ١٩٩٦).

كذلك أدى تعريض ثمار الطماطم الخضراء المكتملة التكوين بصورة منتظمة لبخار الإيثانول بتركيز ٠,٠٢٪ أو ٠,٠٣٪ لمدة أسبوعين إلى تأخير نضج الثمار من خلال تثبيط تمثيل الإثيلين وفعله، ولكن هذا التأثير كان مؤقتًا حيث توقف بزوال المؤثر (أبخرة الإيثانول) واستعادت الثمار نضجها الطبيعى (Atta-Aly, وآخرون ١٩٩٩).

## التعريض لأبخرة الهكسانال

أدت معاملة ثمار الطماطم المكتملة التكوين الخضراء بعد الحصاد بتيار مستمر من بخار الهكسانال hexanal أثناء تخزينها لمدة ٧ أيام على حرارة ٢٠±١°م ورطوبة نسبية حوالى ٩٩٪ إلى تثبيط إصابتها بالعفن الرمادى الذى يسببه الفطر *Botrytis cinerea*،

وذلك عند حد أدنى من تركيز الهكسانال قدره ٤٠–٧٠ ميكروليتر/لتر وقد صاحبت المعاملة زيادة في معدل تنفس الثمار مقدارها حوالى ٥٠٪، ولكن مع بطء فى احمرارها. هذا بينما لم تُحدث المعاملة أى تغير باتجاه معين فى إنتاج الثمار للإثيلين، كما لم تؤثر فى صلابتها. وقد بدا أن معاملة إطلاق الهكسانال بهذا التركيز المنخفض فى عبوات الثمار يمكن أن يُطيل من أمد تخزينها (Utto وآخرون ٢٠٠٨).

## التعريض لأبخرة الأسيتالدهيد

أدت معاملة ثمار الطماطم بعد الحصاد بأبخرة الأسيتالدهيد إلى تحسين صفات الجودة المحسوسة متضمنة محتوى السكر، ونسبة السكر إلى الحامض، والتغيرات فى الطعم؛ وبالمقارنة أدت المعاملة بأبخرة الإيثانول إلى نتائج مماثلة ولكن محدودة. أما المعاملة بالإثيلين فقد كانت أكثر كفاءة فى تحسين لون الثمار مع زيادة محتواها الكلى من المواد الكاروتينية، ولكن الإثيلين كان معدوم أو قليل التأثير على صفات الجودة المحسوسة، وأدى – أحيانًا – إلى تدهورها. ويستنتج من ذلك أن الأسيتالدهيد والمركبات المتطايرة الأخرى القريبة منه ربما تكون هامة فى تطوير صفات الجودة الحسية، سواء أحدث ذلك طبيعيًّا أثناء نضج الثمار أم كمعاملة بعد الحصاد (Paz وآخرون ٢٠٠٦).

## المعاملة بالمثيل جاسمونيت

أدت معاملة ثمار الطماطم ذات التركيب الوراثى nor بالـ methyl jasmonate إلى زيادة نشاط الإنزيمات ذات العلاقة بتمثيل الإثيلين وزيادة إنتاج الإثيلين. وحدث الأمر ذاته لدى معاملة الثمار ذات التركيب الوراثى rin إلاّ أن الزيادة فى نشاط الإنزيمات ذات العلاقة بتمثيل الإثين، وإنتاج الإثيلين كانت – على التوالى – حوالى نصف، وثلث الزيادة التى حدثت فى الثمار الـ nor جراء المعاملة. هذا مع العلم بأن النشاط الإنزيمى وإنتاج الإثيلين بالثمار غير المعاملة من كلا التركيبين الوراثيين (الطفرتين) كان منخفضًا (Czapski & Saniewski ١٩٩٢).

هذا . ويلعب المثيل جاسمونيت methyl jasmonate – الذى يُشتق من الهرمون

النباتي حامض الجاسمونك jasmonic acid — دورًا حاسمًا في حث المقاومة ضد الفطريات. ولقد وجد أن معاملة ثمار الطماطم — بعد الحصاد — بالمثيل جاسمونيت خفضت من أعراض الإصابة بالفطر *Botrytis cinerea* مسبب مرض العفن الرمادي عندما أجريت المعاملة بعد يوم واحد من حقن الثمار بالفطر، وتناقص تأثير المعاملة كثيرًا بتأخير إجرائها بعد الحقن حتى اختفى تأثيرها تمامًا عندما كان إجراؤها بعد ٩ أيام من الحقن كذلك حدث تنشيط في تمثيل الإثيلين استجابة للمعاملة بالمثيل جاسمونيت في الثمار الخضراء بعد يوم واحد من المعاملة (Yu وآخرون ٢٠٠٩).

## المعاملة بمتعددات الأمين

أدت معاملة ثمار الطماطم بمتعدد الأمين: spermine بتركيز مللي مول واحد إلى تحسين الوقت اللازم لاكتمال النضج (١٩ يومًا) والصلاحية للتخزين (٤٣ يومًا)، مقارنة بفترات أقل (١١، و ٢٦ يومًا لاكتمال النضج والصلاحية للتخزين، على التوالي) في ثمار الكنترول. وبالمقارنة .. أدت المعاملة بالـ spermidine بتركيز مللي مول واحد إلى اكتمال النضج في ١٦ يومًا، والصلاحية للتخزين لمدة ٣٨ يومًا، بينما كانت المعاملة بالـ putrescine أضعفها تأثيرًا. وقد حافظت المعاملة التي أعطت أطول فترة صلاحية للتحزين على أعلى نسبة سكر ومواد صلبة ذائبة وحموضة بالثمار طوال فترة التخزين (Bhagwan وآخرون ٢٠٠٠).

## المعاملة بمضادات الأكسدة

أدى نقع عناقيد ثمار الطماطم الكريزية في محلول من مضاد الأكسدة butylated hydroxyanisole بتركيز ٣٪ إلى خفض انفصال الثمار من أعناقها، وكانت صفات جودة الثمار مقبولة بعد ٢١ يومًا من التخزين أو الشحن على ١٢ أو ١٧°م (Fuchs وآخرون ١٩٩٥).

## التعريض للأشعة الحمراء

أدى تعريض ثمار الطماطم — وهي في مرحلة التحول — للضوء الأحمر لمدة ثلاث

دقائق إلى إسراع تلونها بالأحمر، بينما تأخر تلونها بتعريضها لثلاث دقائق للأشعة تحت الحمراء، وذلك أثناء الأيام الأربعة الأولى من النضج. ولقد كانت هذه التأثيرات قابلة للإنعكاس عندما أعطيت معاملتا الأشعة الحمراء وتحت الحمراء بالتتابع مع فاصل بين كل معاملة والأخرى لمدة يوم أو يومين. كذلك كانت صلابة الثمار التي عوملت بالأشعة الحمراء أقل من صلابة الثمار التي عوملت بالأشعة تحت الحمراء، أو بـ ١٠٠ جزء في المليون من الإثيلين لمدة يوم، أو تلك التي خزنت في الظلام. وقد كان تأثير معاملة الأشعة الحمراء على النضج أقوى ما يمكن عندما أجريت المعاملة في طور بداية التلوين breaker أو في طور التحول turning عما كان عليه الحال عندما أجريت والثمار في طور النضج الوردي أو الأحمر (Lee وآخرون ١٩٩٧).

## التعريض للأشعة فوق البنفسجية

أدى تعريض ثمار الطماطم للأشعة فوق البنفسجية (بمعدل ٣,٢–١٩,٢ كيلوجول/م$^{٢}$) بعد حصادها إلى خفض العد الميكروبي في الثمار المجهزة للمستهلك fresh-cut، وزيادة محتواها الفينولي، وكذلك خفض تحلل فيتامين جـ بها بعد ٧ أيام من التخزين على ٤–٦°م، بينما لم يكن لتلك المعاملة أي تأثير على مظهر الثمار أو لونها أو محتوى الثمار المجهزة للمستهلك من الليكوبين (Kim وآخرون ١٩٩٦).

وأفادت المعاملة المزدوجة بكل من الأشعة فوق البنفسجية UV-C (بطول موجة ٢٥٤ نانوميتر)، وفطر المكافحة الحيوية *Debaryomyces hansenii* في مكافحة الفطر *Rhizopus stolonifer* مسبب عفن ريزوبس الطري في كل من الطماطم والبطاطا (Stevens وآخرون ١٩٩٧).

كذلك أدت معاملة ثمار الطماطم الخضراء المكتملة التكوين بالأشعة فوق البنفسجية UV-C (طول موجي ٢٠٠–٢٨٠ نانوميتر) بجرعة قدرها ٣,٧ كيلوجول/م$^{٢}$ ($kJ/m^2$) إلى تأخير النضج والشيخوخة، بينما أحدثت الجرعات الأعلى عن ذلك إتلافًا في النضج وتلونًا بنيًا غير طبيعي ظهر على صورة انسفاع على سطح

الثمرة وأدت جرعة ٣,٧ كيلوجول/م٢ إلى تأخير تلون الثمار وتأخير ليونة أنسجتها جوهريًّا، مع تأخير فى الوصول إلى مرحلة الكلايمكتيريك لمدة لا تقل عن سبعة أيام، وكذلك نقص فى معدلى التنفس وإنتاج الإثيلين. ويعتقد أن تأخير المعاملة لحالة الشيخوخة كان مردها إلى ما أحدثته من زيادة فى محتوى البتروسين putrescine، وهو مركب مضاد للشيخوخة يحدث تأثيرًا فسيولوجيًّا مضادًّا لتأثير الإثيلين (Maharaj وآخرون ١٩٩٩).

وأدى تعريض ثمار الطماطم — بعد الحصاد — لأشعة UV-C بمعدل ٣,٧ كيلوجول/م٢ ($kJ/m^2$) إلى زيادة قابليتها للإصابة بالفطر *Botrytis cinerea* بعد المعاملة مباشرة، ولكنها أصبحت مقاومة تدريجيًّا — بعد ذلك — ولحين انتهاء فترة التخزين التى دامت ٣٥ يومًا وقد حثت المعاملة على تمثيل الفيتوألاكسين ريشتين rishitin وتراكمه، وكان هذا التراكم تدريجيًّا ووصل إلى أعلى مستوى له (٤٦.٢٣ مجم/كجم) قبل اليوم الخامس عشر من المعاملة. وأعقب ذلك انخفاض مستواه تدريجيًّا إلى أن وصل إلى ٣.٥ مجم/كجم فى نهاية فترة التخزين وعلى الرغم من أن حقن الثمار غير المعاملة بالأشعة فوق البنفسجية حثَّ تمثيل وتراكم الريشتين — كذلك — إلا أن تراكم الفيتوألاكسين كان أعلى بكثير فى الثمار التى عوملت بالأشعة فوق البنفسجية وسواء أعوملت الثمار بالأشعة فوق البنفسجية، أم لم تعامل فإن قدرتها على إنتاج الريشتين وتراكمه انخفضت مع زيادة النضج ولقد كان هناك ارتباط جوهرى بين تراكم الريشتين فى الثمار المعاملة بالأشعة فوق البنفسجية — قبل وبعد الحقن بالفطر — والمقاومة للمرض ويبدو أن الزيادة القصيرة المؤقتة فى القابلية للإصابة بالفطر التى حدثت بعد المعاملة بالأشعة مباشرة كان مردها إلى حدوث زيادة شديدة فى الشدِّ التأكسدى الذى استُحِث بواسطة كل من الأشعة فوق البنفسجية والحقن بالفطر ولتركيز الريشتين عند الحقن بالفطر أهميته فى ظهور المقاومة، بينما يبدو أن تراكمه بعد الحقن بالفطر يلعب دورًا فى تأكيد دعم تلك المقاومة ولكن لا يبدو أن الريشتين — وحده — هو المسئول عن استمرار المقاومة للفطر إلى نهاية فترة التخزين (Charles وآخرون ٢٠٠٨أ)

ولقد أحدثت هذه المعاملة بالـ UV-C (٣٫٧ كيلوجول/م٢) تحورات تركيبية مجهرية فى نسيج البيريكارب pericarp (الجدار الثمرى الخارجى)، حيث حدثت بلزمة فى خلايا الـ epicarp (بشرة الغلاف الخارجى) وفى بعض خلايا الـ mesocarp (الجدار الثمرى الوسطى). وأدى انهيار تلك الخلايا — الذى كان مشابهًا لما يحدث فى تفاعل فرط الحساسية إلى تكوين منطقة مكدسة بالجدر الخلوية كانت أقل قابلية للتحلل بواسطة الإنزيمات المحللة للجدر الخلوية التى يفرزها الفطر (Charles وآخرون ٢٠٠٨ ب).

وبدا واضحًا أن المعاملة حفزت تمثيل المركبات الفينولية فى خلايا الـ epicarp، والـ mesocarp، كما حدث تعزيز بيوكيميائى للجدر الخلوية باللجننة والسوبرة فى المنطقة التى حدث فيها تكدس للجدر الخلوية بفعل معاملة الأشعة، وذلك قبل الحقن بالفطر. وعلى الرغم من أن تلك التغيرات حدثت كذلك فى الثمار التى حقنت بالفطر دون أن تعامل بالأشعة، إلا أنها كانت بطيئة ومتأخرة بدرجة جعلتها غير مؤثرة فى مقاومة الفطر (Charles وآخرون ٢٠٠٨ جـ).

كذلك أحدثت معاملة ثمار الطماطم بالأشعة فوق البنفسجية (UV-C) بعد الحصاد زيادة فى محتواها الكلى من البروتين استمر لمدة ١٠ أيام بعد المعاملة، ثم انخفض تدريجيًا بعد ذلك خلال ٣٠ يومًا من التخزين، هذا بينما انخفض المحتوى البروتينى للثمار التى لم تُعط معاملة الـ UV-C بصورة ثابتة خلال كل فترة التخزين.

**ولقد كان تأثير معاملة الـ UV-C على البروتينات على النحو التالى:**

١- كبح التعبير الجينى عن بعض البروتينات، ويعتقد بأنها تلك المتعلقة بالنضج.

٢- حفز التعبير الجينى لعدة إنزيمات كان منها: an acidic β-1,3-glucanase، وثلاثة acidic chitinases، وثلاثة basic chitinases.

٣- حث تمثيل ما لا يقل عن خمسة بروتينات كانت أربعة منها بروتينات قاعدية. ومن البروتينات المستحثة بالمعاملة كانت ثلاثة ( a basic β -1,3-glucanase and two acidic chitinases) لها علاقة — على ما يبدو — بالبروتينات ذات الصلة بالتطفل

المرضى pathogensis-related (اختصارًا PRPs)، حيث استُحِث إنتاجها — كذلك — بالمعاملة بالفطر *Botrytis cinerca*.

ويبدو أن لتلك الـ PRPs دور أساسى فى المقاومة التى تُستحث فى ثمار الطماطم التى تعامل بالـ UV-C (Charles وآخرون ٢٠٠٩)

## المعاملة بالأوزون

أدت معاملة ثمار الطماطم بالأوزون بتركيزات تراوحت بين ٠,٠٠٥ (الكنترول)، و ٥٠٠ ميكرومول لكل مول لفترات وصلت إلى ١٣ يومًا على ١٣°م قبل أو بعد إصابتها بالفطرين *Alternaria alternata* (مسبب مرض البقعة السوداء)، و *Colletotrichum coccodes* (مسبب مرض الأنثراكنوز) إلى تقليل تطور المرضين وتجرثم الفطرين، مع زيادة تأثير المعاملة بزيادة تركيز الأوزون، وبزيادة فترة التعرض للغاز وقد حققت المعاملة بتركيز يقل عن ٠,٢ ميكرومول/مول (وهى الحدود المسموح بها للمعاملة فى أوروبا) نتائج جيدة جدًا ولما لم يظهر تأثير للمعاملة بالغاز على النمو الفطرى فى البيئات الصناعية، فقد استنتج أن الأوزون يستحث فى الأنسجة النباتية التى تتعرض له تغيرات تلعب دورًا فى التفاعلات بين الأنسجة الثمرية والمسببات المرضية (Tzortzakis وآخرون ٢٠٠٨).

## التعريض لحقل كهرومغناطيسى

أدى تعريض ثمار الطماطم الخضراء المكتملة التكوين لحقل كهرومغناطيسى سالب مقداره -٢ كيلوفولت/سم لمدة ساعتين على ٢٠°م إلى المحافظة على جودة الثمار وصلاحيتها للتخزين لمدة ٣٠ يومًا على ١٣ + ١°م مع ٨٥٪-٩٠٪ رطوبة نسبية، فقد أدت هذه المعاملة إلى تأخير التدهور فى صلابة الثمار، والتغيرات اللونية، وكذلك تأخير التغيرات فى السكر الذائب الكلى والحموضة المعايرة أثناء التخزين، إلى جانب تأخرها فى الكلايمكتيرك التنفسى وإنتاج الإثيلين لمدة ستة وثلاثة أيام على التوالى، وكذلك ثُبِّطت فيها الزيادة فى كل من محتوى الـ malondialdehyde والتوصيل الكهربائى (Wang وآخرون ٢٠٠٨)

## إنضاج الثمار الخضراء مكتملة التكوين

### النضج الطبيعى

تحصد ثمار الاستهلاك الطازج — غالبًا — وهى خضراء مكتملة التكوين، وخاصة عندما تكون الأسواق بعيدة عن حقل الإنتاج، حيث تكتسب الثمار لونها الأحمر أثناء الشحن لتصل إلى المستهلك وهى فى طور النضج الأحمر الفاتح أو الأحمر، وتتراوح الحرارة المناسبة للشحن من ١٣°م للثمار الخضراء مكتملة التكوين إلى ٢١°م للثمار التى فى طور النضج الأحمر الفاتح. ويكون التلوين بطيئًا ولا يتم بصورة جيدة فى الحرارة الأقل من ١٣°م وتتعرض الثمار للإصابة بأضرار البرودة فى حرارة ٧°م أو أقل. وتؤدى الحرارة الأعلى من ٢١°م إلى إسراع نضج الثمار، لكن استمرار ارتفاع الحرارة حتى ٢٩°م يؤدى مرة أخرى إلى عدم تلون الثمار بصورة جيدة.

**ويلزم توفر الظروف البيئية التالية حتى يكون التلون جيدًا:**

١- درجة الحرارة المناسبة كما سبق بيانه

٢- التهوية الجيدة، لأن الأكسجين ضرورى لتنفس الثمار، ولا يفيد تغليفها فى الورق، كما أن لتبطين العبوات بالبوليثيلين آثار ضارة

٣- الرطوبة النسبية المرتفعة التى تتراوح من ٩٠٪ إلى ٩٥٪ لتقليل فقد الماء من الثمار

### الإنضاج الصناعى

يعنى الإنضاج الصناعى أية محاولة لإسراع تلون الثمار، ووصولها إلى طور النضج الأحمر. تجرى هذه العملية – عادة – للثمار التى تحصد وهى خضراء مكتملة التكوين، ولكنها قد تجرى أيضًا على أية ثمار لم يكتمل تلونها بعد عند الرغبة فى الإسراع بتلونها، ويكون ذلك أمرًا مرغوبًا فيه فى الحالات التالية.

١ — لكى تصل الثمار للمستهلك، وهى تامة التلون

٢ — عند ارتفاع الأسعار

٣ — عند بطء عملية التلون بسبب انخفاض درجة الحرارة

يستعمل غاز الإثيلين فى إنضاج الطماطم صناعيًا، ويقتصر تأثير الغاز على الثمار الخضراء مكتملة التكوين، وليس للمعاملة أى تأثير على الثمار الخضراء غير مكتملة التكوين (Lutz & Hardenburg ١٩٦٨). ومع أن ثمار الطماطم تنتج غاز الإثيلين بصورة طبيعية عند نضجها، ويؤدى وضعها فى مخازن محكمة الغلق إلى إسراع تلونها، دون الحاجة إلى المعاملة بالغاز (Heinze & Craft ١٩٥٣)، إلا أن الإنتاج الذاتى للإثيلين لا يبدأ بكميات محسوسة إلا مع بداية التلون، وهى المرحلة التى تتوافق مع بداية الكلايمكتيرك respiratory climacteric، كما تعد الطماطم من الثمار التى يقل إنتاجها من الإثيلين بوجه عام

وقد حل الإثيفون Ethephon فى وقت سابق محل الإثيلين فى إنضاج الطماطم صناعيًا، وهو منظم نمو يتحلل داخل الأنسجة النباتية، وينطلق منه غاز الإثيلين. فوجد مثلا أن غمر ثمار الطماطم الخضراء مكتملة التكوين فى محلول إثيفون بتركيز ١٠٠٠٠ جزء فى المليون أدى إلى إسراع تلون الثمار (Massey & Chase ١٩٧١). كما وجد أن غمس ثمار الطماطم الخضراء الناضجة فى محلول إثيفون بتركيز ١٠٠٠ جزء فى المليون، أو رشها بنفس المحلول، ثم تخزينها فى حرارة ١٣°م، أو ١٥°م، أو ٢٠°م لمدة ١٣ يومًا أدى إلى إسراع التلون فى جميع المعاملات، خاصة فى درجة الحرارة العالية (Sims & Kasmire ١٩٧٢). هذا .. إلا أنه لا يُسمح — حاليًا — بالمعاملة بالإثيفون بعد الحصاد

إن نضج ثمار الطماطم يُستحث — طبيعيًا — بالإثيلين الذى تنتجه، إلا إنه تجرى — على النطاق التجارى — معاملة ثمار الطماطم الخضراء الناضجة بالإثيلين لإسراع نضجها، حيث تعرض للغاز بتركيز ١٠٠—١٥٠ جزءًا فى المليون لمدة ٢٤—٧٢ ساعة على حرارة ٢٠—٢٥°م، مع ٨٥٪—٩٥٪ رطوبة نسبية. يُطلق الإثيلين فى غرف محكمة الغلق لا يتسرب منها الهواء. هذا ولا تجرى هذه المعاملة مع أى ثمار بدأت — فعلاً — فى التلوين

ويجب أن تتراوح الحرارة خلال فترة الإنضاج الصناعى ما بين ١٣°م للثمار التى بدأت فى التلون، و ٢١°م للثمار الخضراء الناضجة وتؤدى المعاملة بالإثيلين إلى سرعة تحلل الكلوروفيل، وتكوين الليكوبين، وزيادة تجانس اللون، وإسراع مرحلة الكلايمكتريك، وزيادة محتوى الثمار من فيتامين جـ.

## التخزين

### التخزين فى الحرارة المنخفضة

تتراوح الحرارة المناسبة لتخزين ثمار الطماطم بين ٧ درجات مئوية للثمار الحمراء إلى ١٥°م للثمار الخضراء مكتملة التكوين، فتنخفض درجة الحرارة المناسبة للتخزين تدريجيًا مع ازدياد نضج الثمار. ويجب أن تكون الرطوبة النسبية عالية، وأن يُحتفظ بها فى حدود ٩٠٪–٩٥٪ لمنع فقد الماء من الثمار. يمكن فى هذه الظروف حفظ الثمار الحمراء بحالة جيدة لمدة ١٠ أيام، وتتلون الثمار الخضراء فى خلال ٣٠ يومًا وهى بحالة جيدة. وتنخفض مدة بقاء الثمار المخزونة بحالة جيدة فيما بين هذه الحدود حسب درجة نضجها عند بداية التخزين. وتزداد سرعة نضج ثمار الطماطم بارتفاع الحرارة حتى ٢١°م، بينما تتدهور بسرعة بارتفاع درجة الحرارة عن ذلك، ولا تتلون بصورة جيدة عند ارتفاع الحرارة إلى ٢٩°م، أو أعلى من ذلك.

وبينما تخزن الثمار الحمراء الناضجة بعد ذلك فى غرف باردة لا تقل حرارتها عن ١٠°م، فإن الثمار الخضراء المكتملة التكوين تُعامل بواحدة من أربع طرق – حسب الرغبة – كما يلى:

١ – إنضاجها سريعًا بالمعاملة بالإثيلين فى غرف مغلقة لمدة ٢٤–٤٨ ساعة على ٢٠–٢٥°م قبل شحنها لتأمين سرعة وتجانس نضجها

٢ – إنضاجها سريعا طبيعيًّا بحفظها على حرارة ١٨–٢١°م.

٣ – إنضاجها ببطء على حرارة ١٤–١٦°م.

٤ – تأخذ إنضاجها لمدة أسبوعين بحفظها على حرارة ١٣°م قبل إنضاجها بعد ذلك

على حرارة ١٨–٢١°م، علما بأن حفظها لأكثر من أسبوعين على حـرارة ١٣°م يعرضـها للإصابة بأضرار البرودة، وتزداد إصابتها بالأعقان، وتفشل فى تكوينها للون أحمـر قـان (عن Le Strange وآخرين ٢٠٠٠)

لا يمكن تخزين الثمار الخضراء المكتملـة التكوين بنجـاح فـى الحـرارة التـى تـؤخر النضج، وإذا ما خزنت تلك الثمار لـدة أسـبوعين أو أكثـر علـى حـرارة ١٣°م فإنهـا قـد تتعرض للتحلل غير الطبيعى، وقد لا تتلون بشكل جيد وتتراوح الحرارة المثلى لتخـزين الثمار الخضراء المكتملة التكوين بين ١٨، و ٢١°م كذلك فـإن الطمـاطم لا تتلـون بـشكل جيد فى حرارة تزيد عن ٢٧°م ويناسب المدى الحرارى ١٤–١٦°م إبطاء النضج دون أن يتكون تحلل غير طبيعى وفى هذا المدى نجد أن الثمار الخضراء المكتملة التكوين يمكـن أن تتلون بصورة مناسبة لتعبئتها للعرض بالأسواق فى خلال ٧–١٤ يومًا

وتتعرض الثمار التى تحفظ فى حرارة تقل عن ١٠°م للإصابة بالألترناريا خـلال فـترة تلونهـا بعد التخزين، وتكون الإصـابة بالألترناريا شـديدة عنـد تعـرض الثمـار لـدة ٦ أيـام وهى على حرارة الصفر المئوى، أو لمدة ٩ أيام على حرارة ٤°م كذلك فـإن نـسبة كـبيرة من الثمار التى تتعرض لحرارة تقل عن ١٠°م لـدة أسـبوع قبـل الحـصاد قـد تظهـر بهـا إصابة الألترناريا بعد الحصاد حتى ولو خزنت فى حرارة مناسبة.

كذلك فإن أضرار البرودة يمكن أن تظهـر علـى ثمـار الطمـاطم التـى تتعـرض — قبـل الحصاد — لحرارة تقل عن ١٥°م لمدة تزيد عن ١٥ يومًا خلال الأسبوع السابق للحصاد، وتزداد شدة الإصابة بزيادة فترة التعرض للحرارة المنخفضة

يفضل أن يكون تبريد الطمـاطم فـى حجـرات التخـزين المـبردة room cooling التـى تخزن فيها مباشـرة، وأفـضل حـرارة للتخـزين هـى ١٤–١٥°م للثمـار الخـضراء المكتملـة التكوين، و ٩–١٠°م للثمار الوردية اللون، و ٧–١٠°م للثمار الحمراء الصلبة، علمًـا بـأن الفترة المتوقعة لاحتفاظ الثمار بجودتها هى ٢١–٢٨ يومًا بالنسبة للثمار الخضراء المكتملة التكوين، و ٧–١٤ يوما بالنسبة للثمار الوردية اللون، و ٣–٥ أيام بالنسبة للثمار الحمراء

الصلبة، وذلك إذا ما كان التخزين فى الحرارة الموصى بها، مع ٩٠٪–٩٥٪ رطوبة نسبية.

هذا . ويمكن حفظ الثمار التى وصلت إلى مرحلة ٦٠٪–٩٠٪ تلوين لمدة أسبوع على ١٠°م، ولكن حفظها لفترة أطول من ذلك على تلك الدرجة قد يؤثر سلبيًا على جودتها أثناء عرضها للبيع. كذلك فإن حفظ ثمار الطماطم المكتملة النضج على حرارة تقل عن ٤°م لفترة طويلة يفقدها لونها الجيد ويؤثر سلبيًا على صلابتها وجودتها

ويتعين — دائمًا — إنضاج الثمار الخضراء المكتملة التكوين قبل محاولة تخزينها فى الحرارة المنخفضة.

ويؤدى تخزين ثمار الطماطم الخضراء المكتملة التكوين لعدة أسابيع على ١٣°م إلى تعفنها وعدم نضجها بصورة مناسبة، وأفضل حرارة لنضجها هى ١٨–٢١°م مع ٩٠٪–٩٥٪ رطوبة نسبية وفى حرارة تزيد عن ٢٧°م فإنها تنضج، ولكنها لا تكون فى أفضل نوعية أكلية هذا بينما يمكن إبطاء نضج الثمار الخضراء المكتملة التكوين وتخزينها لأطول فترة ممكنة بتعريضها — كما أسلفنا — لحرارة ١٤–١٥°م.

هذا ويجب عدم إطالة فترة تخزين الثمار الوردية على ٩–١٠°م عن أسبوعين لأن ذلك يترتب عليه قِصَر فترة الصلاحية للعرض للبيع فى محلات السوبر ماركت. وتجدر الإشارة إلى أن تخزين ثمار الطماطم الوردية أو الحمراء فى حرارة أكثر انخفاضا (مثل ٤°م) بهدف زيادة فترة تخزينها يترتب عليه فقدانها للون الجيد، ولصلابتها، ولطعمها أيضا (جامعة بوردو Purdue — الإنترنت — ٢٠٠٧).

وقد قارن Agar وآخرون (١٩٩٤) فترة الصلاحية للتخزين للثمار التى حصدت وهى خضراء مكتملة التكوين، أو وهى فى مرحلة النضج الوردى، بالثمار التى حصدت وهى حمراء مكتملة التكوين. وذلك فى ثلاثة هجن اختلفت فى كونها إما طبيعية النضج، وإما تحمل جين مثبط النضج rin، أو جين عدم النضج nor، مع تخزين الثمار الخضراء أو الوردية فى حرارة ١٠°م ورطوبة نسبية ٨٥٪–٩٠٪، والثمار الحمراء فى حرارة ٢٠°م.

كانت الثمار التي تحمل الجين rin أكثر الثمار صلابة وأعلاها في الحموضة المعايرة، ولكنها كانت أقل الثمار في نسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية، بينما كانت الثمار التي تحمل الجين nor أكثرها قدرة على التخزين. وقد بلغت فترة صلاحية الثمار الحمراء — الطبيعية النضج — للتخزين يومين، بينما بلغت فترة التخزين ٤ أيام لتلك التي تحمل الجين rin، و ٦ أيام لتلك التي تحمل الجين nor وبالمقارنة .. بلغت فترة صلاحية الثمار الوردية للتخزين ٨، و ١٢، و ١٦ يومًا للطرز الثلاثة، على التوالي وأمكن تخزين الثمار الخضراء مكتملة التكوين التي تنضج طبيعيًا، وتلك التي تحمل الجين rin لمدة وصلت إلى ٣٠ يومًا

وتتحدد فترة صلاحية الطماطم الشيرى (الكريزية) للتخزين بانفصال الثمار عن محور العنقود rechis، وليس بالتدهور في الثمار ذاتها، وتعرف منطقتين يمكن أن تتكون فيهما طبقة انفصال ويحدث الانفصال، هما عند المفصل joint في منتصف عنق الثمرة، وعند اتصال العنق بالثمرة. وعادة . يحدث الانفصال عند المفصل شتاءً، بينما يحدث الانفصال عند اتصال العنق بالثمرة صيفًا ويؤدى بقاء العناقيد في رطوبة نسبية منخفضة بعد الحصاد إلى فقدها للرطوبة، وعندما تفقد العناقيد ١٠٪ من رطوبتها، فإن وزن محور العناقيد يكون قد فقد ٧٥٪ من وزنه الأصلي، ويزداد معه الانفصال عند مكان اتصال العنق بالثمرة وبالمقارنة فإن بقاء العناقيد في رطوبة نسبية عالية يحمي الثمار من الانفصال، وعندما يحدث ذلك فإنه يكون عند المفصل (Dvir آخرون ٢٠٠٩)

# أضرار البرودة

## أعراض أضرار البرودة والعوامل المؤثرة على شدة ظهورها

تتعرض الطماطم للإصابة بأضرار البرودة إذا خزنت — وهي خضراء مكتملة التكوين — على ١٠°م لمدة تزيد عن أسبوعين أو على ٥°م لمدة تزيد عن أسبوع واحد ومن أهم أعراض أضرار البرودة فشل الثمار في النضج وفي التلون الكامل، مع ظهور مناطق غير ملونة (blotchy) بها، ولا يكون طعمها جيدًا، وتفقد صلابتها مبكرًا، ويظهر بها نقر

سطحية، مع تلون البذور باللون البنى وزيادة قابلية الثمار للإصابة بالأعفان، وخاصة العفن الأسود الألترنارى

وبينما تُصاب ثمار الطماطم الخضراء المكتملة التكوين بأضرار البرودة إذا خزنت على حرارة تقل عن ١٠°م، فإن الثمار تصبح أقل تعرضًا للإصابة بتلك الأعراض كلما ازدادت نضجًا؛ فالثمار الوردية اللون يمكن تخزينها على ٥°م لمدة ٤ أيام دون توقع أية مشاكل، ثم استكمال نضجها على ١٣-١٥°م فى خلال يوم واحد إلى أربعة أيام.

تظهر أعراض أضرار البرودة على الثمار التى تعرضت للحرارة المنخفضة الأقل من تلك التى يمكنها تحملها – حسب درجة نضجها – حتى ولو تعرضت لحرارة معتدلة بعد ذلك.

وتزداد شدة هذه الأضرار بزيادة الانخفاض فى درجة الحرارة، وبزيادة فترة تعرض الثمار للحرارة المنخفضة، سواء أتم ذلك قبل الحصاد، أم بعده، ويكون تأثير التعرض للحرارة المنخفضة متجمعًا. وتظهر أضرار البرودة حتى ولو نقلت الثمار من المخازن ذات الحرارة المنخفضة إلى حرارة أعلى، ويكون ظهور الأعراض أوضح بعد إخراج الثمار من المخازن كما تحدث أضرار البرودة حتى إذا تعرضت الثمار لدرجة الحرارة المنخفضة قبل الحصاد ولا يجدى تخزين هذه الثمار – فى المجال الحرارى الملائم – فى وقف إصابتها بهذه الأضرار (Craft & Heinze ١٩٥٤، و Lutz & Hardenburg ١٩٦٨).

وتزداد فرصة تعرض ثمار الطماطم المخزنة فى حرارة ٧°م لأضرار البرودة كلما ازدادت فترة تعرضها لحرارة تقل عن ١٥,٦°م خلال الأسبوع السابق للحصاد (عن Dodds وآخرين ١٩٩٦). وكانت أقل حرارة أمكن تخزين ثمار الطماطم عليها مع نضجها بصورة متجانسة هى ٩°م (Hobson ١٩٨٧).

وتقل فرصة إصابة ثمار الطماطم بأضرار البرودة كلما تقدمت فى النضج؛ فالثمار الحمراء أقل حساسية لأضرار البرودة من الثمار الوردية، والوردية أقل من تلك التى فى بداية لتلوين وهكذا

وقد افترض Auto & Bramlage (١٩٨٦) أن نقص حساسية ثمار الطماطم للإصابة بأضرار البرودة بعد بداية الكلايمكترك ربما كان مرتبطًا بزيادة فى لزوجة الأغشية الخلوية

وقد وجد Bergevin وآخرون (١٩٩٣) أن ثمار الطماطم الخضراء مكتملة التكوين المخزنة بأعناقها فى حرارة درجة واحدة مئوية — تصاب بأضرار البرودة بدرجة أكبر من إصابة الثمار المماثلة — المخزنة تحت نفس الظروف — بدون أعناقها ظهرت أعراض أضرار البرودة على الثمار المخزنة بأعناقها فى صورة انكماش وتلون سطحى للثمار بعد ٨ أيام أو أكثر من تعرضها للحرارة المنخفضة، ولم تنضج هذه الثمار طبيعيًا عندما نقلت بعد ذلك إلى حرارة ٢٠°م أما الثمار التى حزنت بدون أعناقها فإنها لم تصب بشدة بأضرار البرودة، كما أنها أكملت نضجها بصورة طبيعية بعدما نقلت إلى حرارة ٢٠°م. وقد وجد الباحثون أن تركيز غاز ثانى أكسيد الكربون فى الهواء الداخلى للثمار التى خزنت بدون أعناقها — بعد نقلها إلى حرارة ٢٠°م — كان أقل جوهريا من تركيزه فى الثمار التى خزنت بأعناقها، وتبين أن موقع أثر العنق المُزال بالثمرة هيأ منفذًا ملائمًا لتبادل الغازات بين داخل الثمرة وخارجها، الأمر الذى لم يحدث من خلال جلد الثمرة وقد استنتج الباحثون من ذلك أن الهواء الداخلى للثمار التى تخزن بأعناقها يحتوى على تركيز مرتفع من غاز ثانى أكسيد الكربون — بعد نقلها إلى ٢٠°م — وأن ذلك يحفز ظهور أعراض البرودة عليها.

**وتقسم أضرار البرودة فى الطماطم – حسب شدة الضرر الحادث – إلى الفئات التالية:**

١ — أضرار طفيفة، وفيها يقتصر الضرر على فقد الثمار لصلابتها، مع عدم انتظام التلوين

٢ — أضرار متوسطة، وفيها تظهر بالثمرة بقع مائية المظهر، وتبرقشات صفراء فى خلفية حمراء، ويكون سطحها غير منتظم أو غير أملس

٣ — أضرار شديدة، وفيها تظهر بالثمرة بقع كبيرة خضراء صلبة فى خلفية حمراء، مع انهيار فى الخلايا يترتب عليه عدم انتظام سطح الثمرة، وفقد الثمرة لرطوبتها وذبولها (عن Jackman وآخرين ١٩٩٠)

وقد جرت العادة على قياس شدة الضرر الحادث من جراء التعرض للحرارة المنخفضة بقياس التغير فى درجة التوصيل الكهربائى لراشح خلايا الأنسجة الثمرية (والذى يحدث نتيجة للتسرب الأيونى الذى يصاحب أضرار البرودة)، ولكن Côte وآخرين (٩٣، ١) أوضحوا أن هذه الطريقة لا تعطى — دائمًا — نتائج يمكن الاعتماد عليها

## طبيعة أضرار البرودة

من المعتقد أن أعراض أضرار البرودة تنشأ نتيجة للأضرار التى تحدثها الحرارة المنخفضة (صفر إلى ١٠ °م) فى كل من الأغشية الخلوية المحيطة بالبروتوبلازم plasma membrane، والمبطنة له (المحيطة بالفجوات العصارية) tonoplast، وذلك فى خلايا الجدر الثمرية pericarp؛ الأمر الذى ينعكس على صورة زيادة فى التسرب الأيونى من تلك الثمار.

كذلك تضر الحرارة المنخفضة بالأغشية البلازمية للبلاستيدات الخضراء فى ثمار الطماطم الخضراء مكتملة التكوين؛ الأمر الذى يتعارض مع تحولها إلى بلاستيدات ملونة بعد ذلك.

كما صاحب ظهور أعراض البرودة (بعد أيام من نقل الثمار إلى حرارة ٢٤ °م، بعد تخزينها لمدة ٢٠ يومًا فى حرارة ٥ °م) حدوث انفصال فى ليبيدات الغشاء الخلوى للميكروسومات (Sharom وآخرون ١٩٩٤).

ويستدل من دراسات L. Heureux وآخرين (١٩٩٣) حدوث زيادة جوهرية فى نسبة الأحماض الدهنية غير المشبعة خلال فترة تعريض ثمار الطماطم للحرارة المنخفضة (١ °م)، مع عودة جزئية فقط لحالة التشبع بعد نقل الثمار إلى حرارة مرتفعة

(٢٠ °م)، الأمر الذى قد يتسبب فى عدم ثبات الأغشية الخلوية وعدم أدائها لوظائفها بصورة طبيعية بعد نقل الثمار إلى الحرارة المرتفعة لاستكمال نضجها

ويذكر Whitaker (١٩٩٤) أن الفوسفوليبيدات phospholipids — التى توجد فى الأغشية الخلوية — لا تتأثر بالحرارة المنخفضة، بينما تتغير الاستيرولات sterols أثناء التعرض للبرودة وبعد التعرض للدفء؛ الأمر الذى قد يؤثر على وظائف الأغشية الخلوية كما حصل Bergevin وآخرون (١٩٩٣) على نتائج مماثلة فيما يتعلق بعدم حدوث تغيرات مؤثرة فى الفوسفوليبيدات من جرّاء التعريض للبرودة، ولكنهم أرجعوا أضرار البرودة إلى الفقد الذى تحدثه الحرارة المنخفضة فى الـ galactolipid polyunsaturated fatty acids.

هذا . ويصاحب ظهور أضرار البرودة فى الطماطم حدوث انهيار تدريجى لخلايا الطبقات العميقة من الجدار الثمرى الخارجى، مع حدوث خفض فى نشاط أيون النضج لكل من السكريات (الجلوكوز والفراكتوز والسكروز)، والأحماض العضوية (الطرطريك tartaric والماليك malic والأسكوربيك ascorbic والصكّنك succinic)، ومضادات الأكسدة الفينول والليكوبين، مع حدوث توقف لتمثيل الكاروتينات. هذا بينما يزداد مستوى الجلوتاثيون glutathione (Gómez وآخرون ٢٠٠٩).

## التغيرات فى النكهة أثناء التخزين العادى

أوضحت دراسات Stern وآخرون (١٩٩٤) أن نحو ٥٠٪ فقط من المركبات المتطايرة التى أمكن عزلها من ثمار الطماطم كانت تركيزاتها عالية بالقدر الذى يمكن من الإسهام فى إعطاء الطماطم نكهتها العامة المميزة. وقد كان هناك تفاعل بين هذه المركبات — باستثناء المركب مثيل سيليكيت methyl silicate — ودرجة الحرارة التى خزنت فيها الثمار، حيث انخفض إنتاج المركبات المتطايرة بشدة مع انخفاض حرارة تخزين الثمار إلى أقل من ١٠ °م، ولكن اعتمد المستوى النهائى للمواد المتطايرة المنتجة على درجة الحرارة النهائية لتى أُنضجت عليها الثمار فعندما رفعت حرارة الإنضاج النهائية إلى ٢٠ °م للثمار التى

خزنت فى البداية فى ١٠°م أو أقل من ذلك – أنتجت المركبات التطايرة بمستويات مماثلة لمستويات إنتاجها فى الثمار التى خزنت فى حرارة أعلى من ١٠°م وعندما كان اكتمال النضج فى حرارة أقل من ١٠°م انخفض إنتاج المركبات المتطايرة.

وأدى تخزين ثمار الطماطم الحمراء على حرارة ١٠°م – مقارنة بحرارة ٢٠°م – إلى إحداث تغيرات فى مستويات المركبات التطايرة: 3-methylbutanol، و linalool، و guiacol، و hexanol، و trans-2-hexenal، و trans-3-hexenol. وقد ارتبطت تلك التغيرات بأخرى سلبية فى طعم الثمار فى اختبارات التذوق (De León Sánchez وآخرون ٢٠٠٩).

وقد دُرست التغيرات فى مكونات ثمار ثلاثة أصناف من الطماطم من المواد التطايرة المسئولة عن النكهة، وذلك أثناء تخزينها – بعد حصادها وهى حمراء – لمدة ٢١ يومًا على ٢٠°م، مع ٥٥٪ رطوبة نسبية، ووجد ما يلى:

١ – ازداد تركيز ثمانى مركبات فى جميع الأصناف، وهى:

| | |
|---|---|
| (E)-2-heptenal | hexanal |
| 6-methyl-5-hepten-2-one | (E,E)-2,4-decadienal |
| 2-isobutylthiazole | geranylacetone |
| geranial | 1-nitro-2-phenylethane |

٢ – انخفض تركيز المركب المتطاير methyl salicylate فى كل الأصناف.

٣ – انخفض تركيز المركب (Z)-3-hexenal فى الصنفين Mickey، و Venessa.

٤ – انخفض تركيز المركب (E)-2-hexenal فى الصنف Venessa بعد ١٠ أيام من التخزين.

٥ – ازداد "طعم الطماطم" مع التخزين (Krumbein وآخرون ٢٠٠٤).

## التخزين فى الجو المعدل والجو المتحكم فى مكوناته

على الرغم من نجاح تخزين الطماطم فى الجو المعدل إلا أن هذه الطريقة لم تطبق –

بعد — على النطاق التجارى، لعدم وجدود مبررات للحاجة إليها حتى الأن. ولأن لها بعض المساوىء التى تترتب على عدم الدقة فى تنفيذها.

**ومن بين الدراسات الحديثة التى أجريت فى هذا المجال، نذكر ما يلى:**

○ كان أفضل جو معدل لزيادة فترة احتفاظ ثمار الطماطم بقدرتها على التخزين هو الذى احتوى على ٣٪ أكسجين والباقى نيتروجين، حيث تلونت الثمار الخضراء مكتملة النمو — التى حُفظت فى هذا الجو لمدة ٦ أسابيع فى حرارة ١٢٫٨°م — عندما نقلت إلى الهواء العادى فى حرارة ١٨-٢٣°م، وكان طعمها "مقبولاً". وقد بلغت نسبة الإصابة بالعفن فى هذه الثمار أقل من ٥٪، مقارنة بنسبة عفن بلغت أكثر من ٩٠٪ فى الثمار التى حفظت فى الهواء العادى.

○ كان من الضرورى عدم تعريض الثمار المخزنة فى الجو المعدل للحرارة المنخفضة (التى تحدث معها أضرار البرودة)، لتجنب زيادة إصابتها بالأعفان.

○ ازدادت فترة احتفاظ ثمار الطماطم — التى كانت فى كُلٍّ من مرحلتى بداية التلوين أو اللون الوردى — بقدرتها على التخزين عندما حفظت فى جو معدل يحتوى على ٤٪-٨٪ أكسجين، و ١٪-٢٪ ثانى أكسيد كربون. وقد أدى نقص نسبة الأكسجين عن ٤٪، أو زيادة نسبة ثانى أكسيد الكربون عن ٤٪ إلى عدم انتظام نضج الثمار.

○ أدى حفظ ثمار الطماطم فى جول معدل يحتوى على أكسجين بنسبة ١٠٪، أو ٣٪، أو ١٪ (والباقى نيتروجين) — فى حرارة ١٢٫٨°م — إلى زيادة قدرتها على التخزين إلى ٦٢، و ٧٦، و ٨٧ يومًا على التوالى.

○ احتفظت ثمار الطماطم التى خزنت فى جول معدل يحتوى على ٥٪ أكسجين، و ٥٪ ثانى أكسيد كربون بطعمها الجيد عن تلك التى خزنت فى ٣٪ أكسجين مع ٥٪ ثانى أكسيد كربون. وقد كان وجود ثانى أكسيد الكربون ضروريًا لتجنب فقد الثمار للونها الأحمر الزاهى

○ تفيد تعبئة الثمار فى البوليثيلين packaging polyethylene فى توفير جو معدل تنخفض فيه نسبة الأكسجين، وتزيد فيه نسبة ثانى أكسيد الكربون — بسبب تنفس

الثمار – الأمر الذى يؤدى إلى تقليل أعفان الثمار، وإبطاء نضجها وطراوتها وفقدها لرطوبتها، وزيادة فترة احتفاظها بجودتها أثناء التخزين، وبمحتواها من المواد الصلبة الذائبة التى تفقد تدريجيا بالتنفس. كذلك تؤدى التعبئة فى أغشية البوليثيلين بسمك ١٠ ميكرونات إلى تقليل إصابة الثمار بأضرار البرودة وبالتشوهات السطحية فى لون الثمار (blemishes، أو red blotches)؛ بسبب سرعة التئام الجروح فى ظروف الرطوبة العالية المحيطة بالثمار التى تمنع كذلك فقد الرطوبة من الجلد، علمًا بأن فقد الرطوبة من الجلد يعد العامل الرئيسى لظهور التشوهات اللونية السطحية (عن Salunkhe & Desai ١٩٨٤).

● يؤدى تعريض ثمار الطماطم الخضراء مكتملة التكوين لتركيز ٣٪–٥٪ من ثانى أكسيد الكربون – لمدة تتوقف على الصنف – إلى تأخير نضجها وعدم انتظامه، وفقدها لصلابتها، وظهور بقع بنية عند طرفها الزهرى. كما أن خفض نسبة الأكسجين فى هواء المخزن بهدف إبطاء نضج الثمار يؤثر كذلك على نوعية الثمار. ولكن هذه الأضرار لا تحدث إلا فى التركيزات المنخفضة كثيرًا؛ فعندما يكون تركيز الأكسجين ٢٪ أو أقل، يكون نضج الثمار غير منتظم، ولا يكون طعمها مستساغًا، إلا أن التخزين فى الجو المعدل يساعد على إبطاء نضج الثمار، وفقد الكلوروفيل، وتمثيل الليكوبين، والصبغات الكاروتينية carotenoids، والزانثوفيلية xanthophylls. ويمكن لثمار الطماطم الخضراء المكتملة التكوين أن تخزن لمدة ٧ أسابيع فى هواء معدل حرارته ١٢,٨°م يحتوى على ٤٪ أكسجين، و ٢٪ ثانى أكسيد الكربون، و ٥٪ أول أكسيد الكربون. وتبقى الثمار بعد ذلك بحالة جيدة لمدة أسبوع واحد إلى أسبوعين فى حرارة ٢٠°م لحين استهلاكها. ويعمل أول أكسيد الكربون مع نسبة الأكسجين المنخفضة على خفض أو منع تعفن الثمار أثناء وجودها فى المخازن، دون التأثير على جودتها.

● ولقد وجد أن استعمال الأرجون argon كمكون رئيسى لجو التخزين (مع الأكسجين المنخفض) يقلل من النمو الميكروبى ويحافظ على جودة منتجات الخضر

● وقد تأخر نضج الطماطم الخضراء المكتملة التكوين وانخفض معدل إنتاجها

للإثيلين ومعدل تنفسها فى جو يحتوى على ٣٪ أكسجين مع الأرجون، مقارنة بما حدث عندما كان النيتروجين هو المستخدم مع تركيز منخفض من الأكسجين (عن Jamie & Saltveit ٢٠٠٢)

○ أدى تخزين الطماطم فى هواء خالٍ من الأكسجين لمدة ٢٤ ساعة فقط إلى خفض عفن الثمار المحقونة صناعيًّا بالفطر *Botrytis cinerea*، وذلك دون التأثير على أى من صفات جودة الثمار هذا إلا أن إطالة فترة المعاملة بالهواء الخالى من الأكسجين إلى ٤٨ ساعة كانت لها تأثيرات سلبية على الجودة (Fallik وآخرون ٢٠٠٣).

○ عندما خزنت ثمار الطماطم وهى فى مرحلة النضج الوردى فى عبوات من أغشية البوليثيلين بسمك ٢٠ أو ٥٠ ميكرون، أو البولى بروبلين بسمك ٢٥ ميكرون، أو البولى فينيل كلورايد بسمك ١٠ ميكرون لمدة ٦٠ يومًا على ١٣ °م، انخفض تركيز الأكجسين، بينما ازداد تركيز ثانى أكسيد الكربون خلال الأيام القليلة الأولى من التخزين؛ ليصل بعدها هواء العبوات إلى حالة توازن. ولقد أصبحت ثمار الكنترول التى لم تعبأ فى أى من تلك الأغشية زائدة النضج بعد ٣٠ يومًا من بداية التخزين، بينما تأخر تلون الثمار التى عبئت فى الأغشية — وخاصة أغشية البوليثيلين والبولى بروبلين لأكثر من ٣٠ يومًا، وكانت الثمار مازالت صلبة بعد ٦٠ يومًا من التخزين، كما أظهرت أقل فقد فى الوزن وكانت الأعلى محتوى من المواد الصلبة الذائبة بعد ٦٠ يومًا من التخزين (Batu & Thompson ١٩٩٨)

○ بينما أدى تخزين ثمار الطماطم فى ٣٪ أكسجين إلى تقليل إصابتها بالأعفان التى يسببها الفطرين *Rhizopus*، و *Alternaria*، فإن ذلك التركيز — وأقل منه — لم يكن له تأثير على نمو الفطرين فى البيئات الصناعية؛ بما يعنى أن انخفاض نسبة الأكسجين فى هواء المخزن يؤثر فى أنسجة الثمار ذاتها؛ بما يجعلها أكثر مقاومة للفطرين (Thompson ١٩٩٨)

○ يحقق التخزين فى الجو المعدل مزايا أخرى، منها المساعدة فى خفض الآثار المتبقية

من المبيد أوكساميل (وهو مبيد حشائش ومبيد حشرى) فى ثمار الطماطم؛ حيث لا يُسمح بزيادة التركيز المتبقى من هذا المبيد فى ثمار الطماطم عن جزئين فى المليون فى الولايات المتحدة، وعن ٠,١ جزءًا فى المليون فى الطماطم المستوردة فى كندا وقد وجد McGarvey وآخرون (١٩٩٤) أن تركيز هذا المبيد ينخفض — سريعًا — فى ثمار الطماطم المخزنة فى حرارة ١٥°م فى جو معدل يتكون من ١,٥٪ أكسجينًا + ٨٩,٩٪ نيتروجينًا، أو ١,٥ أكسجينًا + ٤,٠٪ ثانى أكسيد كربون + ٩٤,٥٪ نيتروجينًا عما فى الثمار التى خزنت فى نفس درجة الحرارة ولكن فى الهواء العادى. وقد كان نضج الثمار أسرع فى الهواء العادى مما حدث فى معاملتى الهواء المتحكم فى نسب مكوناته.

الخلاصة

على الرغم من تباين الجو المعدل المناسب لثمار الطماطم فى مختلف درجات النضج، فإن ٣٪ أكسجين + ٢٪ ثانى أكسيد كربون يعد مناسبًا بصورة عامة، حيث تحتفظ الثمار بجودتها لفترة أطول. فمثلاً .. تحتفظ الثمار الخضراء المكتملة التكوين بجودتها لمدة ٦ أسابيع على حرارة ١٣°م فى جو يحتوى على ٣٪ أكسجين + ٩٧٪ نيتروجين، دون أن يظهر بها أى تغيرات غير مرغوب فيها فى المذاق. كذلك يساعد التخزين فى الجو المتحكم فيه فى تأخير ظهور الأعراض غير المرغوب فيها للأضرار الميكانيكية.

**وتحد ظروف الهواء المتحكم فيه المناسبة للطماطم كما يلى:**

١- الطماطم الخضراء المكتملة التكوين. ٣٪ إلى ٥٪ أكسجين + ٢٪ إلى ٣٪ ثانى أكسيد كربون على حرارة ١٢-٢٠°م، والاستفادة تكون قليلة

٢- الطماطم الحمراء: ٣٪ إلى ٥٪ أكسجين + ٣٪ إلى ٥٪ ثانى أكسيد كربون على حرارة ١٠-١٥°م،والاستفادة تكون متوسطة (Sargent & Moretti ٢٠٠٤).

## التخزين تحت ضغط منخفض

يفيد تخزين جميع الثمار الكلايمكتيرية Climacteric Fruits تحت ضغط منخفض subatmospheric pressure (أو Hypobaric) فى إطالة فترة قدرتها على التخزين؛ ذلك

لأن الإثيلين الذى تنتجه هذه الثمار – وهو الذى يُسَرِّع إنضاجها – تتم إزالته أولا بأول بسبب عملية التفريغ الجزئى الدائمة التى تتعرض لها الثمار المخزنة. كما أن عملية التفريغ تلك تُزيل – كذلك – الأكسجين مع الإثيلين، الأمر الذى يبطئ إنتاج الثمار للإثيلين؛ لأن عملية إنتاج الإثيلين تحتاج إلى توفير الأكسجين؛ ويترتب على ذلك كله إبطاء نضج الثمار وزيادة فترة صلاحيتها للتخزين.

وكما أوضحنا فى حالة التخزين فى الجو المعدل، فإن الحاجة إلى تخزين الطماطم تحت تفريغ ليست لها مبررات اقتصادية للتطبيق تجاريًا – بعد – على الرغم من نجاحها بحثيًا.

**ومن بين الدراسات التى أجريت فى هذا المجال، نذكر ما يلى (عن Salunkhe & Desai ١٩٨٤):**

○ أمكن تخزين الطماطم لمدة ١٠٠ يوم تحت ضغط ١٠٢ مم زئبق إذا نقلت الثمار – بعد ذلك – إلى ضغط ٦٤٦ مم زئبق، وذلك فى حرارة ١٢,٨°م ورطوبة نسبية ٩٠٪ إلى ٩٥٪ وقد أدت المعاملة إلى تأخير فقد الكلوروفيل، وتثبيط تمثيل الليكوبين والبيتاكاروتين، وتحلل النشا، وتكوين السكريات.

○ ازدادت قدرة ثمار الطماطم على التخزين بحفظها تحت ضغط منخفض يتراوح بين ٦٥٨ و ٧٠٩ مم زئبق.

○ أمكن حفظ ثمار الطماطم التى فى طور بداية التلوين لمدة ٤ أسابيع تحت تفريغ جزئى دون أن تتقدم فى النضج إلى أكثر من اللون الوردى الفاتح؛ الأمر الذى يمكن معه شحن الثمار وهى فى هذه المرحلة من النضج، حيث تكون صفاتها الأكلية أفضل من الثمار التى تحصد وهى خضراء مكتملة التكوين.

## التصدير

يزداد الطلب على الطماطم المصرية فى الفترات التى يقل فيها الإنتاج فى الدول المستوردة، وهى الفترة من ديسمبر إلى مارس بالنسبة للدول الأوروبية، والفترة من يونية

إلى أكتوبر بالنسبة للدول العربية الخليجية، حيث يقتصر إنتاج الطماطم على الزراعات المحمية خلال الفترات المشار إليها فى هذه الدول وبالرغم من ارتفاع إنتاجية الزراعات المحمية، إلا أنها لا تكون فى وضع منافس للمحصول المستورد، وذلك نظرًا لارتفاع أسعار طماطم البيوت المحمية بالنسبة لمحصول الحقول المكشوفة

وقد أصبحت الطماطم الكريزية من المنتجات المطلوبة بكثرة وبأسعار مجزية، وخاصة فى أسواق أوروبا الغربية.

تُصدَّر الطماطم العادية إلى الدول الأوروبية وهى خضراء فى مرحلة اكتمال النمو — حيث تعرف بظهور نجمة بيضاء على الطرف الزهرى للثمرة — أو فى طور بدء التلون الذى يظهر فيه التلوين على مساحة لا تتجاوز ١٠٪ من سطح الثمرة. كما تصدر الطماطم إلى الأسواق العربية وهى فى طور التحول الذى يظهر فيه التلوين على مساحة تزيد عن ١٠٪، ولا تتجاوز ٣٠٪ من سطح الثمرة.

**يتطلب القانون المصرى توفر الشروط التالية بالنسبة للطماطم المصدرة:**

١- أن تكون الثمار كروية ملساء، أو قليلة التفصيص، وألا يقل قطر ثمار الأصناف غير الكريزية عن ٤ سم.

٢- ألا تكون الثمار ذابلة، أو لينة، أو متقدمة فى النضج.

٣- ألاّ يزيد طول عنق الثمرة عن مستوى أكتافها، ويجوز تصدير الطماطم بدون عنق بشرط أن يكون موضع العنق سليمًا.

٤- أن تكون الثمار من نفس الصنف، وأن تتماثل ثمار كل عبوة فى الحجم ودرجة التلون.

٥- ألا يزيد التلون عن ١٠٪-٢٥٪ من سطح الثمرة بالنسبة للدول البعيدة، مثل: المملكة المتحدة وهولندا، و ٢٥٪-٥٠٪ بالنسبة للدول المتوسطة البعد، مثل: إيطاليا وإسبانيا، و ٧٥٪-٩٠٪ بالنسبة للدول القريبة، مثل: المملكة العربية السعودية وتركيا ويسمح بالحدود العليا للتلون عند التصدير خلال الفترة من أول نوفمبر إلى آخر مارس،

بينما تشترط الحدود الدنيا للتلوين عند التصدير خلال الفترة من أول أبريل إلى آخر أكتوبر

٦ – تقسم الطماطم إلى درجتين كالتالى.

أ – الدرجة الأولى وهى ما لا تزيد فيها نسبة الثمار التى بها عيوب فسيولوجية، أو آثار جافة لإصابات مرضية أو حشرية عن ٥٠٪ من الوزن فى العبوة الواحدة

ب – الدرجة الثانية وهى ما لا تزيد فيها نسبة الثمار المصابة بالعيوب السابقة الذكر عن ١٠٪ من الوزن فى العبوة الواحدة

٧ – تعبأ الثمار فى صناديق سليمة، ونظيفة، وجافة مصنوعة من الكرتون بأبعاد حوالى ٣٨ سم طولا × ٢٨ سم عرضًا × ١٥ سم ارتفاعًا ويتراوح الوزن الصافى للعبوة عادة من ٣ – ٨ كجم

٨ – قد تبطن العبوات بورق الكرفت، أو البارشمنت

٩ – تعبأ الطماطم إما ملفوفة أو بدون لف، وتوضع بطريقة متنظمة، بحيث تملأ العبوة تماما، دون أن تكون مضغوطة، أو ترتب فى طبقات مع فصل كل طبقة عن الأخرى بقصاصات الورق، أو بورق الزبدة

١٠ – توضع على كل عبوة البيانات الخاصة بها، وهى كلمة "طماطم"، والدرجة، والعلامة التجارية، واسم المصدر وعنوانه، ووزن العبوة الصافى

## الطماطم المجهزة للمستهلك (الجاهزة للأكل)

تجهز الطماطم للمستهلك fresh-cut وهى بلون أحمر متجانس وصلبة، حيث تُقدم إما على صورة شرائح، وإما مقطعة إلى مكعبات صغيرة. يجب ألا تكون الشرائح فاقدة للجل الذى يوجد فى حجيرات الثمرة حول البذور ويستخدم صنف الطماطم Roma – غالبًا – فى تجهيز مكعبات الطماطم. يجب أن تكون الثمار المستعملة صلبة وذات فجوات بذرية صغيرة تغسل الطماطم بماء مكلور قبل تقطعيها، ثم بعد تجهيز المكعبات الصغيرة تغسل مرة أخرى فى تيار من الماء المكلور بتركيز ١٠٠ جزء فى المليون من الكلورين المضاف إليه كلوريد الكالسيوم بتركيز ٠,٢٥٪ أما بالنسبة للطماطم التى تقطع

إلى شرائح فإن الثمار الكاملة تغمس أولاً فى ماء مكلور بتركيز ٢٠٠ جزء فى المليون لمدة دقيقة واحدة قبل تقطيعها.

وعلى الرغم من أن الطماطم تعد حساسة للبرودة إلا أنها يمكن أن تخزن على صفر-٥°م لأيام قليلة قبل تجهيزها لتأخير طرواتها. ويستفاد من جو يحتوى على ٣٪ أكسجين + ٣٪ ثانى أكسيد كربون فى تأخير نضج الثمار وفقد محتواها من المواد الصلبة الذائبة والحموضة المعايرة.

وتفقد الطماطم المجهزة على صورة مكعبات جودتها بعدة مظاهر، منها: شفافية الأنسجة، وتغيرات القوام، والطراوة، والمظهر المائى. أما شرائح الطماطم فإنها — إلى جانب ما تقدم من مظاهر فقد الجودة — قد تقل جودتها — كذلك — بإنبات البذور وفقد الجل. وعلى الرغم من أن حموضة ثمار الطماطم تثبط النمو الميكروبى، إلاّ أن نمو الخمائر وفطريات الأعفان يقلل من جودتها أثناء التخزين.

ويتراوح معدل تنفس الطماطم المجهزة بين ٥٧,٦، و ٩٣,٦ملليجرام ثانى أكسيد كربون لكل كيلو جرام واحد من الطماطم فى الساعة على ٢٠°م.

وتزداد جودة شرائح الطماطم المخزنة على ٥°م — فى جو معدل — عندما يُستعمل فى إنتاجها ملش من الغطاء النباتى الحىّ للتربة (من الـ hairy vetch، وهو: *Vicia villosa* Roth) مقارنة بملش البولى إثيلين الأسود، وعندما لا ترش بالمبيدات أو يستعمل معها برنامج للتنبوء بالأوبئة لتحديد مواعيد الرش بالمبيدات (مثل TOM-CAST) مقارنة بالرش الأسبوعي. وقد ظهرت تلك الجودة فى صورة احتفاظ الشرائح بصلابتها لمدة ١٢ يومًا، وقلة ظهور المساحات المبتلة water-soaked areas (التى هى أحد مظاهر أضرار البرودة)، وضعف التسرب الأيونى منها حتى عندما حُفظت على ٢٠°م لمدة ٦ ساعات (Hong وآخرون ٢٠٠٠).

وقد دُرس تأثير معاملة شرائح ثمار طماطم حمراء فاتحة اللون بهيبوكلوريت الصوديوم بتركيز ٢٦ ٠٪، و ١,٠٥٪ لمدة صفر، و ٢٠، و ٦٠ دقيقة على تحولات النضج فيها

أثناء تخزينها – بعد المعاملة – على ٥°م فى هواء معدل أدت جميع المعاملات إلى خفض صلابة الشرائح مقارنة بصلابة شرائح ثمار معاملة الكنترول. وبعد ١٢ يومًا من التخزين كانت صلابة شرائح الثمار التى عوملت بتركيز ٠٥ ١٪ هيبوكلوريت الصوديوم لمدة ٦٠ ثانية أقل من ٥٠٪ من صلابة شرائح الثمار التى عوملت بالماء، وأقل – كذلك – من صلابة شرائح ثمار المعاملات الأخرى. ويعنى ذلك أن التطهير السطحى لثمار الطماطم بهيبوكلوريت الصوديوم قد يقود إلى تحورات فسيولوجية وبيوكيميائية فى سلوك الثمار (Hong & Gross ١٩٩٨).

وحافظت شرائح الطماطم على جودتها عندما عوملت الثمار – قبل تقطيعها إلى شرائح – بماء مكلور يحتوى على ٠,٧ مللى مول كلورين مع ٠,٠٩ مللى مول كلوريد كالسيوم أو بدونه، ثم حُفظت الشرائح على ٢°م فى جو معدل، ولكن معاملة كلوريد الكالسيوم لم تكن ضرورية إلاّ إذا كان حفظ الشرائح فى أغشية مثقبة (Artés وآخرون ١٩٩٩).

وعلى الرغم من أن أعداد السلامونيللا *Salmonella* spp ازداد على ثمار الطماطم مع قِصر فترة الغمر فى الماء المكلور بتركيز ١٥٠ جزء فى المليون على pH قدره ٦,٥، إلا أن تلك العملية لم تؤد إلى التخلص التام من البكتيريا حتى على السطح الناعم للثمار غير المجروحة، هذا فضلاً عن أن ندبة ساق الثمرة لم تطهر جيدًا بهيبوكلوريت الصوديوم (Felkey وآخرون ٢٠٠٦)

تنتج شرائح الطماطم المجهزة للمستهلك fresh-cut – والمحفوظة على ٥°م – الإثيلين، الذى يتراكم إن لم توجد وسيلة للتهوية وأدت المعاملة بالحشوات المتصة للإثيلين ethylene absorbent pads، أو بالـ 1-aminoethoxyvinylglycine إلى خفض تركيز الإثيلين بشدة، مع زيادة فى إصابة الشرائح بأضرار البرودة التى تمثلت فى ظهور مناطق مائية المظهر بها

وعندما عوملت شرائح الطماطم أثناء تخزينها بالـ AVG (وهو 1-

aminoethoxyvinylglycine) انخفض انتاجها من الإثيلين عن المعدلات العادية فى الشرائح التى لم تعامل بالـ AVG، وصاحبت المعاملة بالـ AVG زيادة خمسة أضعاف فى أضرار البرودة مقارنة بما حدث فى شرائح الكنترول. وبالمقارنة .. ظهر عند معاملة الثمار بالإثيلين قبل عمل الشرائح مباشرة أو بعد تجهيزها بثلاثة أيام أن معدل إنتاج الإثيلين فيها ارتبط ارتباطًا سالبًا بأضرار البرودة (Hong & Gross ٢٠٠٠).

وقد انخفضت صلابة الثمار الطفرية rin، و nor قليلاً خلال ٩ أيام بعد معاملتها بالإثيلين، ولكن بدرجة أقل كثيرًا من الثمار العادية التى عوملت بالمثل، ومع استمرار صلابة الثمار الـ nor بدرجة أعلى من الـ rin. هذا .. إلا أن شرائح ثمار الـ nor والـ rin التى سبقت معاملتها بالإثيلين فقدت صلابتها بسرعة أكبر عن الثمار الكاملة، وحدث ذلك بدرجة متساوية فى شرائح ثمار الطفرتين (Smith وآخرون ٢٠٠٨).



## الفصل الثاني

# الفلفل

### مرحلة النضج المناسبة للحصاد

يبدأ نضج ثمار الفلفل بعد نحو شهرين إلى ثلاثة أشهر من الشتل، ويستمر لمدة شهرين إلى أربعة أشهر أخرى، ويتوقف ذلك على الصنف، وموعد الزراعة.

تقطف الثمار الخضراء بعد اكتمال نموها وهي مازالت خضراء، وتتميز الثمار المكتملة النمو بلونها الأخضر الزاهي. أما الثمار غير المكتملة النمو .. فإنها تكون ذات لون أخضر قاتم. وطبيعي أن الأصناف ذات الثمار الصفراء، والبرتقالية، والحمراء تقطف عند وصولها إلى مرحلة التلوين الخاصة بالصنف للتسويق المحلي، أو عند ٥٠٪–٩٠٪ تلوين حسب مدة الشحن ودرجة حرارته.

وتصل الثمار التي تستهلك وهي خضراء إلى طور النضج الاستهلاكي عادة بعد ٤٥–٥٥ يومًا من تفتح الزهرة. أما الأصناف الحلوة التي تستهلك ثمارها وهي حمراء فإنها تتطلب مدة أطول حتى تصل إلى مرحلة النضج الاستهلاكي. وقد قدرت هذه الفترة بنحو ٦٥ يومًا من تفتح الزهرة في الصنف فيبولا Fibola، و ٧٠ يومًا في الصنف أميريكانو Americano (Mardrid وآخرون ١٩٩٩). كذلك تصل الأصناف الحريفة التي تقطف بعد تمام تلونها باللون الأحمر إلى هذه المرحلة — عادة — بعد ٦٠–٧٠ يومًا من التلقيح.

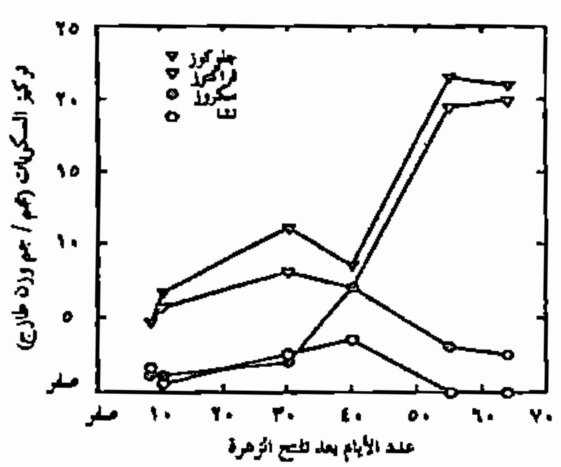
وقد وجدَ أن تأخير الحصاد يؤدي إلى زيادة المحصول الصالح للتسويق بنسبة ٥٠٪، وزيادة عرض الثمار عند الأكتاف، وزيادة سمك جدرها، وحجمها، وذلك مقارنة بمحصول وثمار النباتات التي تحصد في الموعد العادي. كما يؤدي تأخير الحصاد إلى تقليل عدد مرات القطف، ومن ثم خفض تكاليف الحصاد (Russo ١٩٩٦).

ويعتبر حساب الوحدات الحرارية المتراكمة — بالنسبة لكل موسم زراعى فى كل منطقة — أفضل وسيلة للتنبؤ بموعد الحصاد فى أصناف الفلفل الناقوسية (Perry وآخرون ١٩٩٣)

وتبلغ ثمار الفلفل الحمراء المكتملة النضج أقصى حجم لها وأكبر سمك لجدرها، كما يزيد محتواها من السكريات بمقدار ٥٠٪، ومن بادئات فيتامين أ بمقدار ١٠ أضعاف عما فى الثمار الخضراء

## التغيرات المصاحبة لنمو الثمار ونضجها

يواكب النمو السريع للثمار بعد العقد ازدياد محتواها من الجلوكوز والفركتوز، ونقص فى محتواها من السكروز والنشا ومع تناقص معدل نمو الثمار، يتراكم السكروز والنشا مرة أخرى وتحدث عند نضج الثمار زيادة أخرى سريعة وحادة فى محتواها من السكريات المختزلة، بينما ينخفض محتواها من السكروز والنشا (شكل ٢–١) وقد كان لنمو ثمرة الفلفل ومحتواها من السكريات السداسية علاقة قوية بمحتواها من إنزيم آسيد إنفرتيز acid invertase (عن Wien ١٩٩٧).




شكل (٢–١) التغيرات فى محتوى ثمار الفلفل من أهم السكريات خلال مختلف مراحل نموها حتى اكتمال النضج

**وبمتابعة التغيرات المورفولوجية فى ثمار الفلفل الشيلى Chile صنف New Mexico 6-4، لوحظ ما يلى:**

١ – ازدياد نشاط إنزيم β-galactosidase سريعًا بداية من اليوم الرابع والخمسين من تفتح الزهرة، ووصل إلى أعلى مستوى له فى اليوم التاسع والثمانين.

٢ – كانت صلابة الثمار أعلى ما يمكن فى اليوم الرابع والخمسين من تفتح الزهرة، ونقصت جوهريًا فى اليوم التاسع والستين.

٣ – كان إنتاج ثانى أكسيد الكربون ومحتوى الكلوروفيل أعلى ما يمكن عند عمر عشرين يومًا من تفتح الزهرة، ثم انخفض سريعًا بعد ذلك (Biles وآخرون ١٩٩٣).

هذا . ويزداد محتوى ثمار البابريكا من مضادات الأكسدة: حامض الأسكوربيك، والتوكوفيرولات tocopherols، والكاروتينات .. يزداد تدريجيًا أثناء نضج ثمار، ولكن يصل تركيز حامض الأسكوربيك إلى أعلى مستوى له فى مرحلة منتصف التلوين، ثم ينخفض، بينما يستمر تركيز مضادات الأكسدة الأخرى فى الزيادة. وبعد الحصاد – وأثناء التخزين والتجفيف – ينخفض تركيز حامض الأسكوربيك والتوكوفيرول بصورة حادة، بينما يحدث انخفاض تدريجى فى محتوى الكاروتينات. وقد أدى تجفيف الثمار بطريقة الدفع الجبرى للهواء الدافئ إلى احتفاظها بقدر أكبر من مضادات الأكسدة (Daood وآخرون ١٩٩٦).

وتزداد سرعة فقد الصبغات من ثمار البابريكا مع ارتفاع حرارة التخزين، بينما يقل فقدها مع ارتفاع الرطوبة النسبية، وتختلف الأصناف جوهريًا فى تلك الخاصية (Gomez-Ladron de Guevara وآخرون ١٩٩٨).

**كما حدثت التغيرات التالية فى محتوى ثمار الفلفل الحلو من الصبغات وفوق أكسيد الأيدروجين والإنزيمات المضادة للأكسدة أثناء اكتمال تكوينها ونضجها:**

١ – انخفض محتوى الكلورفيل بانتظام من مرحلة اللون الأخضر إلى مرحلة اللون الأخضر الضارب إلى الصفرة، ثم أعقب ذلك انخفاضًا معنويًا حتى مرحلة اللون الأصفر.

٢ — ازداد محتوى الكاروتينات بانتظام خلال كل المراحل اللونية

٣ — ازداد محتوى فوق أكسيد الأيدروجين ٢,٥ ضعف بين مرحلتي اللون الأخضر واللون الأخضر الضارب إلى الصفرة، ثم انخفض المحتوى ببطء بعد ذلك حتى مرحلة اللون الأصفر، إلا أن المستوى النهائي كان أعلى مما في مرحلة اللون الأخضر

٤ — ازداد نشاط الإنزيمين superoxide dismutase (اختصارًا SOD)، و ascorbate peroxidase (اختصارًا APX) بين مرحلتي اللون الأخضر واللون الأخضر الضارب إلى الصفرة، ثم تشابه مسلكهما بعد ذلك مع مسلك محتوى فوق أكسيد الأيدروجين

٥ — ازداد نشط الإنزيم glutathione reductase بين مرحلتي اللون الأخضر واللون الأخضر الضارب إلى الصفرة

٦ — استمر نشط الإنزيم catalase ثابتا أثناء نضج الثمار

ويستدل مما تقدم أن نشاط الإنزيمات المضادة للأكسدة ربما يزداد في ثمار الفلفل الحلو أثناء نضجها بسبب تراكم فوق أكسيد الأيدروجين فيها (Imahori وآخرون ٢٠٠٠)

وتزداد صلابة الجدر الثمرية للفلفل تدريجيًا مع تقدمها في التكوين ثم في النضج حتى تبلغ الصلابة أقصى مدى لها عندما تصبح الثمار ملونة بالأحمر بنسبة ٣٠٪–٤٠٪، وذلك بعد نحو ٤٠–٥٠ يومًا من العقد ويصاحب تلك التغيرات في الصلابة تغيرات بيوكيميائية وإنزيمية كثيرة، فيزداد البكتين الذائب بعد تلك المرحلة من النضج، وينخفض معها نشاط السليوليز cellulase، بينما يزداد نشاط البولي جالاكتيرونيز polygalacturonase والبكتين مثيل إستريز pectin methyl-esterase (Cheng وآخرون ٢٠٠٩)

## المعاملات السابقة للحصاد ذات الأهمية بما بعد الحصاد

### الرش بأملاح الكالسيوم

أدى رش نباتات الفلفل ثلاث مرات بكلوريد الكالسيوم إلى زيادة وزن الثمرة وتحسين احتفاظها بصلابتها أثناء التخزين، وانخفاض إصابتها بالأعفان، وزيادة سمك الجدار الثمري ومحتواه من المركبات البكتينية غير الذائبة (Toivonen & Bowen ١٩٩٩)

## المعاملة ببعض منظمات النمو

أدى رش نباتات الفلفل فى مرحلة الإزهار بأى من: الباكلوبترازول paclobutrazol (بتركيز ٥٠ أو ١٠٠ جزء فى المليون)، أو اليونى كونازول uniconazole (بتركيز ٢٠ أو ٥٠ جزء في المليون)، أو المفليودايد mefluidide (بتركيز ٢٠ أو ٥٠ جزء في المليون) إلى الحد بشدة من أضرار البرودة التى ظهرت على ثمار الفلفل الخضراء والحمراء بعد ٢٨ يومًا من تخزينها على ٢°م. ولم يختلف معدل إنتاج الإثيلين وثانى أكسيد الكربون – فى حرارة ٢٠°م – بين الثمار التى أعطيت معاملة الباكلوبترازول والتى سبق تخزينها لمدة ٢٨ يومًا على حرارة ٢°م، وثمار معاملة الكنترول التى لم تعط تلك المعاملات (Lurie وآخرون ١٩٩٣، و ١٩٩٥). وجدير بالذكر أن المعاملة بالباكلوبترازول لم يعد مصرح بها؛ لما وجد له من تأثير مسرطن.

## معاملة البابريكا بالإثيفون

تعامل نباتات البابريكا بالرش بالإثيفون بهدف إسراع نضج الثمار وجعله أكثر تركيزًا، إلا أن تأثير المعاملة يتوقف على تركيز الإثيفون، وعدد مرات الرش، ودرجة الحرارة السائدة، والصنف المزروع؛ فلا تحدث استجابة للمعاملة فى حرارة تقل عن ٢١°م حتى ولو كان الرش بتركيز ٣٠٠٠ جزء فى المليون. وفى الحرارة الأعلى يُفيد الرش بتركيزات تتراوح بين ١٠٠٠، و ٥٠٠٠ جزء فى المليون، ولكن يصاحب ذلك مخاطر سقوط الأوراق وانفصال الثمار والإصابة بلسعة الشمس. كذلك فإن الرش بالإثيفون فى الحرارة العالية تزيد معه الأضرار التي يمكن أن تحدث بالثمار والأوراق (Dris وآخرون ٢٠٠١).

وقد اقتُرِح إعطاء ثلاث رشات بالإثيفون بتركيز منخفض (١٠٠–٢٠٠ جزء فى المليون) بدلاً من رشة واحدة بتركيز عالٍ، حيث تنخفض الأضرار بشدة ويزداد متوسط حجم الثمرة، ولا تتساقط الأوراق والثمار (Bosland & Votava ٢٠٠٠).

### الحصاد

يجرى الحصاد يدويًا كل ٣–٤ أيام، ويتم ذلك بثنى عنق الثمرة لأعلى قليلاً،

فتنفصل بسهولة عن النبات ويمكن حصاد ثمار الأصناف الحريفة آليًا، ويتم ذلك مرة واحدة بعد نضج معظم الثمار في الحقل ويتوقف نجاح الحصاد الآلي على توفر الأصناف التي تنضج ثمارها خلال فترة زمنية وجيزة

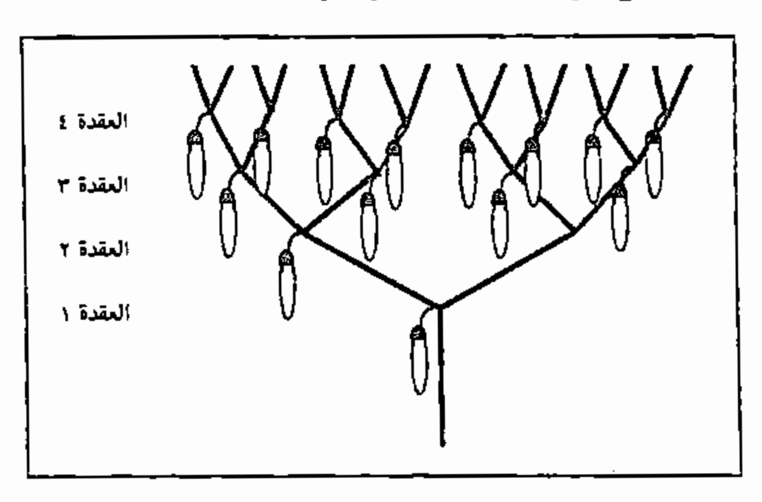
بدأ حصاد الفلفل آليًا في عام ١٩٦٧، وحتى عام ١٩٩٥ كانت أكثر من ٢٠٠ آلة تعمل في حصاد الفلفل في أكثر من تسعة دول وتصل كفاءة بعض تلك الآلات إلى نحو ٣٠٠٠ كجم من الفلفل الـ sweet cherry ونحو ٥٠٠٠ كجم من الفلفل الجالابينو jalapeno في الساعة (Marshall ١٩٩٥) وتبلغ نسبة الفاقد في ثمار البابريكا عند حصادها آليًا حوالي ١٠٪ من المحصول (Palau & Torregrosa ١٩٩٧)

وعلى الرغم من أن حصاد الفلفل الحريف تباسكو آليًا – مرة واحدة – يخفض كثيرًا من تكاليف عملية الحصاد، إلا أن ذلك يقلل من جودة المنتج بسبب حصاد كثير من الثمار الخضراء والثمار غير المكتملة التلوين مع الثمار الحمراء الناضجة ويتم غالبًا فرز المحصول يدويًا للتخلص من الثمار الخضراء، إلا أن ذلك يضيف إلى تكلفة الإنتاج وقد وجد أن رش نباتات الفلفل التباسكو بالإثيفون بتركيز ٢٠٠٠–٣٠٠٠ جزء في المليون (٧٥٠ لتر للفدان) قبل الحصاد الآلي بثلاثة أسابيع يفيد في التخلص من الثمار غير الكاملة التكوين ويقلل من نسبة الثمار الخضراء في المحصول المنتج، علمًا بأن هذه المعاملة لم تكن لها أهمية بالنسبة لتحفيز نضج الثمار وتلونها (Kahn وآخرون ١٩٩٧)

وتتراوح كفاءة الحصاد الآلي بين ٧٣٪، و ٨٣٪ حسب الصنف، كذلك يتباين محتوى النفايات بعد الحصاد الآلي بين ٢٥٪، و ٤٢٪ من الوزن الجاف، وتتكون معظم النفايات من ثمار مصابة وغير ملونة جيدًا، وأوراق، وأجزاء من السيقان (Wall وآخرون ٢٠٠٣)

ويعد توقيت موعد حصاد فلفل البابريكا أمرًا حاسمًا، ذلك لأن النبات الواحد يحمل ثمارًا في درجات متباينة من النضج، ويرجع ذلك إلى طبيعة النبات ذات التفرع الثنائي (شكل ٢–٢)، والذي يعطي زهرة عند كل نقطة تفرع ومن الطبيعي أن عدد الثمار العاقدة يتضاعف عند كل مستوى أعلى من التفرع ويمكن الحصول على أعلى محصول

إما بتكرار حصاد الثمار الناضجة أولا بأول، وإما بالحصاد الآلى عندما تصبح معظم ثمار النبات ناضجة، والطريقة الثانية هي الأكثر كفاءة، ولكن يترتب عليها وجود بعض التباين بين الثمار فى اللون والحرافة (Dris وآخرون ٢٠٠١)




شكل (٢-٢): تخطيط لنبات البابريكا يبين نظام تفرعه وحمله للثمار.

هذا .. وتنخفض كفاءة الحصاد الآلى، وتزداد تكلفة الحصاد اليدوى بزيادة القوة التى يلزم بذلها لقطف الثمرة، وتزداد هذه المشكلة تعقيدًا فى الأصناف الحريفة ذات الثمار الصغيرة التى تشكل فيها عملية الحصاد أكبر نسبة من تكلفة الإنتاج، خاصة وأن مصانع "الصوص" sauce تتطلب عدم زيادة نسبة الثمار التى يبقى كأس الثمرة وعنقها متصلين بها عن ٥٪. ولحسن الحظ فإن الصنف تاباسكو التابع للنوع *C. frutescens* — والذى يعد أهم الأصناف المستعملة فى صناعة الصوص على الإطلاق — تنفصل ثماره بسهولة عن الكأس أثناء الحصاد، تاركة وراءها الكأس الأخضر وعنق الثمرة متصلين بالنبات أما فى باقى أصناف الفلفل — وهى تنتمى إلى *C. annuum* — فإن القوة التى تلزم لفصل الثمرة عند الحصاد — وهى صفة وراثية — تتناسب طرديًا مع كل من طول الثمرة، وقطرها، وطول عنق الثمرة، وقطر ندبة (مكان) اتصال الثمرة بعنقها (عن Motsenbocker ١٩٩٦) وعلى النقيض من ذلك لم يجد Motsenbocker (١٩٩٦) أى

علاقة بين القوة التى تلزم لفصل الثمرة عند الحصاد وأى من صفات الثمرة فى سلالتين من الفلفل التباسكو

كذلك وجدت اختلافات وراثية بين أصناف الفلفل الكايين Cayenne فى القوة التى تلزم لفصل الثمار عند الحصاد، وقد تشابهت تلك الأصناف مع أصناف الفلفل الحلو فى وجود علاقة طردية بين القوة التى تلزم لفصل الثمار عند الحصاد وكل من طول الثمرة، وقطرها، ووزنها وتبين أن الأصناف التى تحتاج إلى قوة أكبر لفصل ثمارها تتميز بوجود عدة طبقات من الخلايا الدعامية الملجننة عند منطقة اتصال الثمرة بالعنق (Gersch وآخرون ١٩٩٨)

## عمليات التداول والإعداد للتسويق

### أصناف الاستهلاك الطازج

يعد الفلفل للتسويق بعمليات التبريد الأولى، والتنظيف، والتشميع بطبقة من الشمع لتقليل الفاقد فى الوزن قبل التسويق، ثم التعبئة فى عبوات مناسبة، وقد يُدرج الفلفل.

يمكن غمر ثمار الفلفل الأخضر لمدة ٢٠ دقيقة فى ماء مكلور بتركيز ٥٠–١٠٠ جزء فى المليون، إلا أن زيادة فترة الغمر أو التركيز المستخدم عن ذلك تؤثر سلبيًّا على صفات جودة الثمار، والتى منها المحتوى الكلوروفيلى الكلى، والمواد الصلبة الذائبة، وحامض الأسكوربيك (Nunes & Emond ١٩٩٩).

ويتعين إجراء جميع عمليات التداول بعد الحصاد بحرص شديد لتجنب إحداث أى خدوش، أو تشققات، أو تهتكات بالثمار، فيتم تفريغ الثمار بحرص، وتدور آلات التدريج (شكل ٢–٣، يوجد فى آخر الكتاب) بالسرعة المناسبة، وتبطن كل الآلات التى تمر عليها الثمار بالوسائد المناسبة، ولا تزيد مسافة سقوط الثمار من مكان لآخر عن ٨ سم إن لم يكن المكان الذى تنقل إليه مبطنًا او عن ٢٠ سم إن كان مبطنًا (Marshall & Brook ١٩٩٩)

يناسب الفلفل تبريده أوليًّا بطريقة الدفع الجبرى للهواء، أما التبريد باستعمال الماء

المثلج فإنه يؤدى إلى زيادة إصابة الثمار بالأعفان، حتى ولو أضيف الكلورين إلى ماء التبريد

ويؤدى تأخير التبريد الأولى إلى سوء مظهر الثمار وفقدها للمعانها وصلابتها، مع ظهور أعراض الفقد الرطوبى وتتباين الفترة التى يمكن السماح بها فى تأخير التبريد الأولى، ويجب ألا تزيد عن ست ساعات فى حرارة ٢٠–٢٥ °م، وعن ثلاث ساعات فى حرارة ٣٧ °م (Perishable Handling Quarterly – M. Cantwell & A. Thangaiah – جامعة كاليفورنيا – ديفز – العدد ١٠٧ لشهر أغسطس عام ٢٠٠١ – الإنترنت).

تعد ثمار الفلفل شديدة الحساسية لفقد الرطوبة منها، حيث تظهر عليها أعراض "الكرمشة" بمجرد فقدها لنحو ٣٪ من محتواها الرطوبى.

ويمكن تشميع ثمار الفلفل على أن يكون ذلك بطبقة رقيقة من الشمع لأجل تقليل الفقد الرطوبى وأضرار الاحتكاكات بين الثمار أثناء الشحن، كما يمكن تقليل الفقد الرطوبى من الثمار بتبطين العبوات الكرتونية بالبلاستيك أو بتعبئة الثمار فى أكياس بوليثيلين مثقبة (Sargent ٢٠٠٦).

وقد أعطت معاملة تشميع ثمار الفلفل بأى من نوعى الشموع: بريما فرش Primafresh، أو برولونج Prolong (الأخير بتركيز ٠,٥٪)، مع التخزين فى حرارة صفر، أو ٥ °م .. أعطت أفضل النتائج من حيث زيادة القدرة التخزينية للثمار (Manzano & Zambrano ١٩٩٥).

هذا .. وتزداد إصابة ثمار الفلفل بعفن أسود يظهر عند كأس الثمرة وعلى ساقها وتسببه البكتيريا *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora* عند حصاد الثمار المصابة مع السليمة، حيث يزداد انتشار المرض أثناء التداول. وتزداد الإصابة فى الحقل عند الإفراط فى التسميد الآزوتى، كما تزداد بعد الحصاد عند التأخير فى تبريد المنتج، وعندما تكون الثمار كبيرة جدًّا، حيث تتسبب فى غلق الفتحات التى توجد فى جوانب الكراتين، وهى التى تسمح بتدفق تيار الهواء البارد أثناء التبريد الأولى، والتهوية أثناء التخزين والشحن (Suslow ٢٠٠٠).

### أصناف التجفيف

تحصد ثمار أصناف الفلفل التى تستعمل جافة بعد تمام نضجها، ثم تجفف وتترك فى كومة مغطاة حتى يحدث توازن بين رطوبة الثمار والرطوبة النسبية فى الجو المحيط بها ويمكن حينئذ تخزينها فى مخازن غير مبردة لمدة ٦ أشهر طالما أن درجة الحرارة تتراوح بين ١٠ و ٢٧ °م. وقد تخزن الثمار المجففة فى حرارة صفر–١٠ °م حتى يتم تصنيعها، ويفيد ذلك فى احتفاظ الثمار بلونها الأحمر بصورة جيدة

وأيًا كانت طريقة التخزين فإن نسبة الرطوبة فى ثمار الفلفل المجففة يجب أن تبقى فى حدود ١٠٪–١٥٪، وذلك لأن نقصها عن ذلك يؤدى إلى تفتتها عند التداول، ويصاحب ذلك تناثر أجزاء دقيقة منها فى الهواء تُحدث التهابات بالجلد، وبالجهاز التنفسى للعمال القائمين بالعمل كما أن زيادة رطوبة الثمار عن ١٥٪ تؤدى إلى تكوّن نموات فطرية عليها ويؤدى تخزين الثمار المجففة فى أكياس مبطنة بالبوليثيلين إلى إطالة أمد التخزين، وتقليل مشكلة الغبار، مع حفظ نسبة الرطوبة فى الثمار عند مستوى واحد أثناء التخزين أيًا كانت الرطوبة فى الجو الخارجى (Lutz & Hardenburg ١٩٦٨)

## فسيولوجيا ما بعد الحصاد

### الفقد الرطوبى

لا توجد ثغور على سطح ثمار الفلفل، التى يكون فقدها للرطوبة – بعد الحصاد – من خلال طبقة الأديم cuticle التى تغطى سطح الثمرة. ويتناسب معدل الفقد الرطوبى للثمار طرديًا مع محتواها الرطوبى عند القطف، كما يتناسب عكسيًا مع سمك الغطاء لطبقة لبشرة (Lownds وآخرون ١٩٩٣، و Blanke & Holthe ١٩٩٧).

### التنفس، وإنتاج الإثيلين، وظاهرة الكلايمكتيريك

لا تعد ثمرة الفلفل من الثمار الكلايمكتيرية نظرًا لأن التغيرات اللونية التى تصاحب نضجها لا يسبقها، أو يواكبها، أو يعقبها أى زيادة كلايمكتيرية فى تنفس الثمار أو

إنتاجها من الإثيلين، وإنما تكون تلك الزيادة بسيطة (Rylski ١٩٨٦). تأكدت تلك الخاصية في ثمار الفلفل الحلو بصورة عامة، وإن كانت قد لوحظت ظاهرة الكلايمكتيرك في تنفس ثمار أحد أصناف الفلفل الحلو الكورية، وهو Chooraehong (عن Biles وآخرين ١٩٩٣)

وفي الفلفل الشيلى Mexican chile peppers (صنف New Mexico 6-4) لم تلاحظ - كذلك - أى زيادة كلايمكتيرية فى تنفس الثمار أثناء نضجها، ولكن لوحظت زيادة فى معدل إنتاج الإثيلين مرتان: كانت أولاهما عند عمر ٦١ يومًا من تفتح الزهرة وصاحبت مرحلة الزيادة الكبيرة فى نمو الثمرة، وكانت الثانية عند عمر ٦٩ يومًا من تفتح الزهرة وصاحبت مرحلة التغيرات اللونية في الثمرة (Biles وآخرون ١٩٩٣).

وعلى الرغم من أن إنتاج الإثيلين كان أعلى فى الثمار الحمراء عما فى مراحل النضج الأخرى، إلا أن هذا الإنتاج لم يكن كافيًا لتحفيز الثمار ذاتيًا لإنتاج مزيد من الغاز، كما لم تلاحظ أى زيادة فى معدل تنفس الثمار عند بداية نضجها. وقد أوضحت دراسات Villavicencio وآخرون (١٩٩٩) اختلافات جوهرية بين ١٣ صنفًا من الفلفل (الأخضر والأحمر في درجات مختلفة من التلوين) فى معدل تنفس الثمار وإنتاجها من الإثيلين. وبصورة عامة . ازداد إنتاج الإثيلين جوهريًا عند اكتمال التكوين — أو قبل اكتماله — فى كل الأصناف فيما عدا صنفين، هما: Cubanelle، و Hungarian Wax

تنتج ثمار الفلفل القليل جدًا من الإثيلين، وبما يتراوح بين ٠,١، و ٠,٢ ميكروليتر لكل كيلو جرام من الثمار فى الساعة على ١٠-٢٠°م. ولا تستجيب ثمار الفلفل للمعاملة بالإثيلين سوى بدرجة قليلة جدا ولإسراع نضج أو تلون ثمار الفلفل المكتملة التكوين فإن وضعها فى حرارة ٢٠-٢٥°م مع رطوبة تزيد عن ٩٥٪ أكثر فاعلية عن معاملتها بالإثيلين.

ويكون معدل تنفس ثمار الفلفل (بالملليجرام ثانى أكسيد كربون لكل كيلو جرام من الثمار فى الساعة) ٣-٤ مجم على ٥°م، و ٥-٨ مجم على ١٠°م، و ١٨-٢٠ مجم على ٢٠°م (Cantwell ٢٠٠٧)

هذا وتعد البذور غير الناضجة والمشيمة المصدرين الرئيسين لغاز ثانى أكسيد

الكربون الذى يتراكم فى تجويف الثمار الخضراء، بينما يكون تنفس الجدر الثمرية منخفضًا (Blanke & Holthe ١٩٩٧)

## التغيرات فى النشاط الإنزيمى المؤثر فى صلابة الثمار

لوحظ أن التغيرات فى نشاط الإنزيمات المسئولة عن تحلل الجدر الخلوية لثمار الفلفل أثناء نضجها، كانت كما يلى:

١ – ازداد نشاط إنزيم polygalacturonase، وصاحب ذلك تدهور فى بنية الثمرة (texture)

٢ – نقص نشاط إنزيم pectinestrase (أو methyl esterase).

٣ – لم تفقد الثمار التى خزنت فى حرارة ٨ °م (لمدة ٢٠ يومًا) بنيتها بسرعة كتلك التى حدثت فى الثمار التى كان تخزينها فى حرارة الغرفة

٤ – كذلك تغير نشاط إنزيمات الـ glycanases، وهى cellulase، و xylan endo-1,3-β-xylanase (أو xylanase)، و mannase، و α-D-mannosidase (أو glucanase)، و β-D-galactosidase (أو galactanase) تغير نشاطها أثناء النضج، وكان أقل تغير فى النشاط الإنزيمى فى الثمار التى خزنت فى الحرارة المنخفضة، مقارنة بما كان عليه الحال فى الثمار الطازجة وقد ازداد نشاط معظم تلك الإنزيمات، وكذلك نشط إنزيمات laminarinase، و hemicellulase مع النضج، بينما قل نشاط إنزيم xylanase (Sethu وآخرون ١٩٩٦، و Prabha وآخرون ١٩٩٨)

## معاملات خاصة تعطاها ثمار الفلفل قبل التخزين والشحن

تعطى ثمار الفلفل بعض المعاملات الخاصة التى تكون بهدف إما المحافظة على صفت الجودة، وإما زيادة فترة الصلاحية للتخزين، وإما الحد من الإصابات المرضية، وإما أى من تلك الأهداف مجتمعة وبينما تطبق بعض من تلك المعاملات عى النطاق التجارى. فإن غالبيتها ما زالت قاصرة على النطاق البحثى

## المعاملة بالماء الساخن قبل التخزين

أمكن الحد من ظهور أضرار البرودة في ثمار الفلفل الحلو الخضراء المخزنة على ٤°م لمدة يومين، وذلك بمعاملتها قبل التخزين بالغمر في الماء الدافئ على حرارة ٤٠ أو ٤٥°م لمدة ٤٥ دقيقة، أو بالتدفئة على حرارة ٤٠°م لمدة ٢٠ ساعة. وصاحب تلك المعاملات نقص جوهري في التسرب الأيوني من الثمار التي تعرضت للبرودة مقارنة بنظيراتها التي لم تعط المعاملة الحرارية. هذا إلا أن غمر الثمار في الماء على حرارة ٥٠°م لمدة ٤٥ دقيقة أحدث تلفًا كبيرًا في الأغشية الخلوية (Mencarelli وآخرون ١٩٩٣).

وأدت معاملة ثمار الفلفل بالماء الساخن على حرارة ٥٠°م لمدة ٣ دقائق إلى مكافحة كلا من العفن الرمادي grey mould الذي يسببه الفطر *Botrytis cinerea*، والعفن الأسود black mould الذي يسببه الفطر *Alternaria alternata*، حيث أمكن مكافحتهما بصورة تامة أو خفض الإصابة بهما بصورة معنوية حتى مع تعريض الثمار للعدوى الصناعية بأي من الفطرين قبل معاملتهما بالماء الساخن. ولم تظهر أضرار على ثمار الفلفل من جرّاء معاملة الماء الساخن إلا إذا استمر التعريض لحرارة ٥٠°م لمدة ٥ دقائق أو كان التعريض لحرارة ٥٥°م لمدة دقيقة واحدة أو أكثر، وكانت الأضرار على صورة شقوق ونقر على سطح الثمار (Fallik وآخرون ١٩٩٦).

وقد قام Fallik وآخرون (١٩٩٩) بغسيل ثمار عدة أصناف من الفلفل الحلو بالماء العادي أولاً، ثم بالماء الساخن على حرارة ٥٤–٥٦°م لمدة ١٠–١٤ ثانية أثناء مرورها على فرش التنظيف، ثم تجفيفها — قبل تعبئتها — وتخزينها على ٧°م لمدة ١٥ يومًا، ثم على ١٦–١٨°م لمدة ٤ أيام إضافية كانت الثمار المعاملة بهذه الطريقة — التي تناسب التصدير بطريق البحر إلى الأسواق الأوروبية والخليجية — أكثر صلابة ونظافة عن نظيراتها التي نظفت فقط بالفُرَش الجافة، كما كانت خالية تمامًا تقريبًا من الأعفان، وتبين أن المعاملة أدت إلى التخلص من الأتربة الدقيقة والجراثيم الفطرية التي تتواجد في كأس الثمرة وجلدها.

ولقد كانت أفضل المعاملات الحرارية لثمار الفلفل لأجل خفض الأعفان والتخلص من

الحشرات وإطالة فترة الصلاحية للتخزين، هي ترك الثمار في هواء ساخن على ٣٨°م لمدة ٤٨–٧٢ ساعة، أو في الماء الساخن على ٥٠ أو ٥٣°م لمدة ٢–٣ دقائق أفادت تلك المعاملة في منع ظهور الأعفان الفطرية، وفي إمكان تخزين الثمار في حرارة منخفضة دون تعرضها للإصابة بأضرار البرودة، كما منعت الحرارة الجافة تطور بعض الحشرات، مثل *Ceratitis capitata* (Lurie وآخرون ١٩٩٨).

كما أدت معاملة الثمار بالماء الساخن على حرارة ٥٣°م لمدة أربع دقائق إلى تجنب أضرار البرودة وتقليل التحللات بعد ١٤، و ٢٨ يومًا من التخزين على ٨°م، بينما لم تعط المعاملة بالماء على ٤٥°م لمدة ١٥ دقيقة نتيجة مُرضية. كذلك أدت التعبئة في غشاء بوليثيلين ذى كثافة منخفضة إلى تقليل الفقد في الوزن وأضرار البرودة جوهريًا، وذلك عندما كان التخزين على حرارة منخفضة، وكان تركيز الأكسجين أكثر انخفاضًا وثانى أكسيد الكربون أكثر ارتفاعًا داخل تلك العبوات عندما عوملت الثمار بالحرارة قبل تعبئتها عما حدث في ثمار الكنترول وبالإضافة إلى ذلك فإن الإثيلين لم يلاحظ في هواء عبوات الثمار التي عوملت بالحرارة، بينما أمكن ملاحظته في عبوات ثمار الكنترول. ولقد ازدادت مستويات البولى أمينات polyamines بعد المعاملة الحرارية مباشرة، وازداد تركيز البوترسين putrescine أثناء التخزين على ٨°م، وخاصة في الثمار التي أُعطيت المعاملة الحرارية والتي عبئت في أغشية البوليثيلين، وكانت الزيادة جوهرية في الثمار التي عوملت بحرارة ٥٣°م لمدة ٤ دقائق، ثم عبئت في الأغشية، وذلك بعد ١٤ يوما من التخزين وبينما انخفض تركيز الاسبرمين spermine في ثمار الكنترول أثناء التخزين، فإنه لم يتأثر في الثمار التي أعطيت المعاملة الحرارية وعبئت في أغشية البوليثيلين (González-Aguilar وآخرون ٢٠٠٠).

## التدفئة المتقطعة أثناء التخزين

تبدأ التغيرات الأيضية المصاحبة لأضرار البرودة قبل ظهور أية أعراض مرئية لتلك الأضرار، وتتمثل في حدوث زيادة في معدل التنفس، ومعدل إنتاج الإثيلين، ونفاذية

الأغشية الخلوية هذا إلا أن تبادل تعريض الثمار لحرارة عالية مع الحرارة المنخفضة (صفر إلى ١ °م) أثناء تخزينها أبطل التأثير الضار للحرارة المنخفضة، وأدى إلى ضعف تراكم الكحول، والأسيتالدهيد، والأسيتون، وزيادة نشاط إنزيمات الـ peroxidase، والـ catalase، وتثبيط نشاط إنزيم phenylalnine ammonia-lyase، ونقص التسرب الأيونى، وتقليل أضرار البرودة (Chen وآخرون ١٩٩٤). وعلى الرغم من أن تدفئة ثمار الفلفل المخزنة على ٥ °م، و ٩٠٪–٩٥٪ رطوبة نسبية (برفع حرارة الثمار إلى ٢٤–٢٥ °م مع ٧٠٪–٧٥٪ رطوبة نسبية لمدة ٢٤ ساعة كل ٢–٥ أيام) أدى إلى تقليل أضرار البرودة، إلا أن ذلك كان مُصاحبًا بزيادة فى الفقد فى الوزن، ونقص فى الصلاحية للتسويق (Kluge وآخرون ١٩٩٨).

## المعاملة ببيكربونات البوتاسيوم

كانت معاملة ثمار الفلفل ببيكربونات البوتاسيوم أكثر تأثيرًا فى مكافحة الفطر *Alternaria alternata* — مسبب مرض العفن الأسود — عن استعمال أى من الـ penconazole، أو الزيوت، أو المواد الناشرة (Ziv وآخرون ١٩٩٤). وفى دراسة أخرى (Fallik وآخرون ١٩٩٧) أدى غمس ثمار الفلفل فى محلول من بيكربونات البوتاسيوم بتركيز ١٪ أو ٢٪ إلى إحداث نقص معنوى فى إصابات الثمار بكل من العفن الرمادى (*Botrytis cinerea*)، والعفن الأسود (*Alternaria alternata*)، مقارنة بالكنترول، بينما أدى النقع فى بيكربونات البوتاسيوم بتركيز ٣٪ إلى التأثير سلبيًا على نوعية الثمار. وقد تبين من الدراسات المختبرية أن تأثير بيكربونات البوتاسيوم على كل من الفطرين كان مثبطًا (وليس قاتلاً)، وذلك من خلال تثبيطه لنمو الغزل الفطرى، وإنبات الجراثيم، واستطالة الأنابيب الجرثومية. ومن المعلوم أن أملاح البيكربونات تستعمل فى الأغذية بتركيزات قد تصل إلى ٢٪.

## المعاملة بمضادات الأكسدة

أدى غمس ثمار الفلفل فى محلول من السانوسل Sanosil-25 (وهو يحتوى على

$H_2O_2$ — أى فوق أكسيد الأيدروجين hydrogen peroxide — بنسبة ٤٨٪) بتركيز ٠.٥٪ أدى إلى خفض إصابات الثمار بكل من العفن الرمادى والعفن الأسود إلى المستويات المقبولة تجاريًا، وذلك مقارنة بالكنترول (Fallik وآخرون ١٩٩٤)

ويفيد غمر ثمار الفلفل الأخضر الحلو فى محلول من مضاد الأكسدة diphenylamine بتركيز ١٢ مللى مولار لمدة دقيقتين فى حمايتها من الإصابة بأضرار البرودة لدى تخزينها على ١ ْم لمدة ٨ أيام بعد ذلك؛ حيث يقل ظهور النقر السطحية وتحلل الكلورفيل (Purvis ٢٠٠٢)

## المعاملة بالمثيل جاسمونيت

أمكن الحد من أضرار البرودة فى ثمار الفلفل المخزنة على ٢ ْم لمدة ٤–١٠ أسابيع بغمرها — قبل التخزين — لمدة ٣٠ ثانية فى محلول المثيل جاسمونيت methyl jasmonate بتركيز ٢٥ مللى مول كما أعطت المعاملة بالمركب فى صورة غازية لمدة ساعة نتيجة مماثلة لمعاملة الغمر (Meir وآخرون ١٩٩٦).

## تغليف الثمار بغشاء رقيق من مواد صالحة للأكل

استعملت فى تغليف coating ثمار الفلفل تحضيرات تجارية صالحة للأكل edible أساسها زيت معدنى (مثل PacRite)، أو السيليلوز (مثل Nature Seal)، أو بروتين الحليب (مصل اللبن Whey البروتينى الذى ينفصل عند صناعة الجبن مع الجليسرول) وبينما لم تؤثر أى من المغلفات coatings على معدل تنفس الثمار أو تلونها، فإن التحضير PacRite كان هو الوحيد الذى قلل الفقد الرطوبى من الثمار وأدى إلى إطالة فترة صلاحيتها للتخزين (Lerdthanangkul & Krochta ١٩٩٦)

وأدت معاملة ثمار الفلفل بالشيتوسان chitosan إلى خفض إنتاج الفطر *Botrytis cinerea* لإنزيمات الـ polygalacturonases (وهى التى تقوم بتحليل البكتين فى الجدر الخلوية للثمار المصابة)، والإضرار البيولوجى الشديد بهيفات الفطر ذاته؛ الأمر الذى أضعف كثيرًا من قدرة الفطر على إصابة الثمار (Ghaouth وآخرون ١٩٩٧)

كذلك أدى تغليف ثمار الفلفل والخيار بالشيتوسان بتركيز ١٪ أو ٥ ١٪ ثم تخزينها على ١٣ أو ٢٠ °م إلى خفض الفقد فى الوزن فى كل منهما فى كلتا الدرجتين. كما أدت زيادة تركيز الشيتوسان من ١٪ إلى ١.٥٪ (وزن/حجم) إلى إحداث نقص جوهرى فى الفقد فى الوزن، ومعدل التنفس، والفقد فى اللون، والذبول، والإصابة الفطرية ( El Ghaouth وآخرون ٢٠٠٧).

## المعاملة بثانى أكسيد الكلورين

أدت معاملة ثمار الفلفل بثانى أكسيد الكلورين بأى تركيز بين ٥، و ٥٠ مجم/لتر إلى خفض أعفان الثمار بمقدار ٥٠٪ بعد ٤٠ يومًا من التخزين، وكانت أفضل معاملة هى تركيز ٥٠ مجم/لتر، وهى التى لم يبدأ فيها ظهور الأعفان إلا بعد شهرين من التخزين، بينما كان العفن فيها — بعد ٤٠ يومًا من بدء التخزين — ٢٥٪ مما كان فى ثمار الكنترول التى لم تُعامل بالغاز (Du وآخرون ٢٠٠٧).

## المعاملة بأشعة جاما

أحدثت معاملة ثمار الفلفل (صنف ماجده Magda) بأشعة جاما بجرعات تراوحت بين ٢٠٠، و ٨٠٠ Gy (بمعدل ١.٤٦ Gy/ساعة) .. أحدثت زيادة كبيرة فى قدرة ثمار الفلفل على التخزين، حيث بلغت ٤٩–٥٨ يومًا عندما كان تخزين الثمار المعاملة بالإشعاع على حرارة ٧–٩ °م، مع ٥٠٪–٥٥٪ رطوبة نسبية (Wiendl وآخرون ١٩٩٦).

## المعاملة بالمبيدات الفطرية

أدى غمس ثمار الفلفل الحلو فى محلول من الثيابندازول thiabendazole (اختصارًا: TBZ) بتركيز ١٠٠ جزء فى المليون على حرارة ٥٠ °م، ثم تخزينها فى ٤ °م . أدى ذلك إلى تقليل إصابتها بأضرار البرودة مما فى الثمار التى تم غمسها فى الـ TBZ على حرارة ٢٥ °م أدت معاملة الـ TBZ إلى خفض الإصابة بالأعفان جوهريًا وكانت أفضل

المعاملات هى غمس الثمار فى الـ TBZ على ٥٠ °م تم التخزين فى جو متحكم فى مكوناته CA على حرارة ٤ °م، وذلك من حيث احتفاظ الثمار بجودتها، وعدم تعرضها للإصابة بالأعفان، وبأضرار البرودة (Yang & Lee ١٩٩٨)

## التخزين

### التخزين البارد

يناسب الفلفل نفس ظروف التخزين التى تناسب كلا من الفاصوليا الخضراء، والبامية، والكوسة، والطماطم (الوردية اللون)، والبطيخ؛ لذا . فإنه يمكن شحنها وتخزينها معًا ولا يجب – أبدًا – جعل الثلج يلامس أى من تلك المنتجات (Sargent ٢٠٠٦).

يجب تبريد ثمار الفلفل بأسرع ما يمكن لخفض الفقد فى الوزن، علمًا بأن الثمار التى تخزن فى حرارة تزيد عن ٧,٥ °م تتعرض لفقد أكبر فى الوزن ويمكن تخزين الفلفل على ٧,٥ °م لمدة ٣–٥ أسابيع وعلى الرغم من إمكان تخزين الفلفل على ٥ °م لمدة أسبوعين مع تعرضه لفقد أقل فى الوزن، فإن بقاءه فى تلك الدرجة لفترة أطول من ذلك تعرضه للإصابة بأضرار البرودة، والتى تتضمن التنقير، والعفن وخاصة بالألترناريا، والتغيرات اللونية لمساكن البذور، والطراوة دون فقد للماء وتكون الإصابة بأضرار البرودة فى خلال أيام قليلة على صفر °م وتعد الثمار الناضجة أو الملونة أقل حساسية للبرودة عن الثمار الخضراء أما الرطوبة النسبية فيجب أن تزيد عن ٩٥٪ للمحافظة على صلابة الثمار، وهى الخاصية التى ترتبط مباشرة بالفقد الرطوبى.

تخزن ثمار الفلفل فى مجال حرارى يتراوح بين ٧ و ٩ °م، مع رطوبة نسبية تتراوح بين ٩٠٪ و ٩٥٪ ويمكن لثمار الفلفل أن تحتفظ بجودتها فى هذه الظروف لمدة ٣ أسابيع إن كان التخزين فى أوعية منفذة للرطوبة، ولمدة ٤ أسابيع إن كان التخزين فى أكياس من البوليثيلين المثقب

وتتعرض ثمار الفلفل للإصابة بأضرار البرودة، إذا خزنت فى حرارة تقل عن ٧ °م، وأهم أعراضها تكون نقر سطحية على الثمار (تظهر هذه النقر فى خلال أيام قليلة من

تخزين الثمار فى حرارة ٢ ْم)، ويتغير لون الثمار قريبًا من الكأس، وتصبح الثمار أكثر عرضه للإصابة بفطر الألترناريا *Alternaria* لدى إخراجها من المخازن.

ويؤدى تخزين الثمار فى حرارة تزيد عن ١٠ ْم إلى سرعة نضجها، وزيادة فقدها للرطوبة، وذبولها.

وقد ازدادت إصابة ثمار الفلفل بالأعفان — عندما تركت معروضة لمدة ٧ أيام على حرارة ٢٠ ْم ورطوبة نسبية ٧٠٪ – وذلك كلما ازدادت الرطوبة النسبية خلال فترة التخزين التى سبقت العرض، والتى دامت لمدة ١٥ يومًا على حرارة ٨ ْم، علمًا بأن معاملات الرطوبة النسبية خلال فترة التخزين البارد تراوحت بين ٨٥٪، و ١٠٠٪ وعلى العكس من ذلك ازداد الفقد فى الوزن وازدادت طراوة الثمار كلما انخفضت الرطوبة النسبية خلال فترة التخزين البارد (Polderdijk وآخرون ١٩٩٣).

إن من أهم أعفان الفلفل التى تظهر أثناء تخزين: عفن ألترناريا، والعفن الطرى البكتيرى، والبقع البكتيرية، وعفن فيتوفثورا، وعفن رايزوبس (Sargent ٢٠٠٦).

## أضرار البرودة

من أهم مظاهر أضرار البرودة chilling injury تكون نقر سطحية على الثمار، واكتساب البذور لونًا بنيًا، وتغير لون كأس الثمرة وتحلله، وظهور لون بنى ضارب إلى الرمادى على سطح الثمرة فى الحالات الشديدة. تظهر الأعراض على الثمار بعد نقلها إلى الحرارة العالية وليس أثناء تخزينها فى الحرارة المنخفضة. وتزداد الفترة التى تكفى لظهور أضرار البرودة من يوم واحد على حرارة ١ ْم إلى نحو ١٤ يومًا على حرارة ٦ ْم. ويزداد التنقير السطحى مع انخفاض الرطوبة النسبية. هذا .. إلا أن الفلفل الأحمر لا يصاب بالتنقير السطحى (Salunkhe & Desai ١٩٨٤).

ولم تظهر أعراض أضرار البرودة (متمثلة فى النقر السطحية) فى ثمار الفلفل الخضراء، والناضجة الحمراء، والصفراء عندما خزنت فى حرارة ١٣ ْم لمدة أسبوعين،

كما لم تظهر أضرار البرودة على الثمار الناضجة التى خزنت على حرارة ١ ْم لمدة أسبوعين، ولكنها ظهرت على الثمار الخضراء التى خزنت لمدة لمدة ثلاثة أيام على ١ ْم وقد حفزت حرارة التخزين المنخفضة (١ ْم) زيادة إنتاج الثمار من الإثيلين، إلاّ أن تلك الزيادة لا ترتبط بالإصابة بأضرار البرودة، حيث أنها تحدث فى كل من الثمار الحمراء والخضراء – التى تخزن على ١ ْم – على حد سواء (Lin وآخرون ١٩٩٣أ، و ١٩٩٣ب) هذا مع العلم بأن أضرار البرودة تظهر بعد يوم واحد من نقل الثمار من الحرارة المنخفضة إلى حرارة الغرفة.

كذلك ظهرت أضرار البرودة على ثمار الفلفل الخضراء المكتملة التكوين المخزنة على ٢ ْم، بينما لم تظهر تلك الأعراض على الثمار الحمراء من الصنف ذاته (صنف لامويو Lamuyo) وقد صاحب ظهور أضرار البرودة على الثمار الخضراء المكتملة التكوين زيادة جوهرية فى معدل إنتاج الثمار من الإثيلين، وفى مستويات كل من الـ ACC، والبوترسين putrescine، وحامض الأبسيسيك ABA، بينما لم تحدث أى من تلك التغيرات فى الثمار الخضراء المكتملة التكوين التى خزنت على ١٠ ْم، أو فى الثمار الحمراء الناضجة التى خزنت على ٢ أو ١٠ ْم. هذا بينما ظل محتوى الثمار من الاسبرميدين spermidine ثابتًا فى كل الحالات (Serrano وآخرون ١٩٩٧)

وتكون ثمار الفلفل أكثر حساسية للإصابة بأضرار البرودة (عند تخزينها فى حرارة ١ ْم لمدة أسبوع ثم تعريضها لحرارة ٢٠ ْم لمدة يومين) وهى فى طور التحول اللونى، حيث تظهر عليها نقر سطحية كثيفة وعميقة، بينما تكون تلك الأعراض أقل شدة فى الثمار الخضراء المكتملة التكوين، ولا تظهر أى أضرار على الثمار الحمراء. وتصاحب الزيادة فى أعراض البرودة زيادة فى كل من الفقد الرطوبى، ومعدل التنفس، وإنتاج الإثيلين، والتسرب الأيونى، مع عدم حدوث أى تغيرات لونية. هذا ولا تظهر نقر سطحية على ثمار الفلفل المخزنة (وهى فى أى درجة من درجات النضج) على ٥–١٠ ْم لمدة ٤ أسابيع (Lim وآخرون ٢٠٠٧)

تتباين أصناف الفلفل فى حساسيتها للإصابة بأضرار البرودة، ومن الأصناف المتحملة

كلا من Wanda، و Super Datil Pepper (وهما من الفلفل الحار) اللذان أمكن تخزينهما لمدة ١٤ يومًا على ٥ °م دون أن تظهر على ثمارها أضرار برودة مرئية (Kan وآخرون ٢٠٠٧).

ومع تباين أصناف الفلفل فى حساسية ثمارها للإصابة بأضرار البرودة، بدا أن صفة التحمل فى الصنف Buchon ربما يكون مردها إلى أن نظام تضادية الأكسدة فيه أكثر كفاءة عما فى غيره (Lim وآخرون ٢٠٠٩).

هذا .. ويحدث فقد بسيط إلى متوسط فى الجلسريدات الليبيدية glycerolipids أثناء التخزين البارد على حرارة ٢ °م، ولكن يزداد هذا الفقد بشدة وتزداد الأضرار التى تحدث للأغشية الخلوية بعد تدفئة الثمار التى سبق تعريضها للحرارة المنخفضة، وتعد البلاستيدات الخضراء — بصورة خاصة — شديدة الحساسية لأضرار البرودة (Whitaker ١٩٩٥).

ووجد أن مستوى الـ ACC، وكذلك الإثيلين ازداد فى الثمار الخضراء التى خزنت على ٢ °م بعد نقلها إلى حرارة الغرفة، بينما لم تحدث تلك الزيادة فى الثمار الخضراء التى خزنت على ١٠ °م، أو فى الثمار التى خزنت على ٢ °م أو ١٠ °م. كذلك ظل مستوى البوترسين putrescine ثابتًا فى كل الحالات فيما عدا فى الثمار الخضراء التى خزنت على ٢ °م، والتى ازداد فيها مستوى البوترسين إلى الضعف بعد أسبوع واحد، وإلى عشرة أمثال مستواه الابتدائى بعد خمسة أسابيع من التخزين. أما الاسبرميدين spermidine فلم يتغير مستواه فى كل من الثمار الخضراء والحمراء الناضجة سواء أكان تخزينها على ١٢ °م أم ١٠ °م (Serrano وآخرون ١٩٩٥)

## التخزين فى الهواء المتحكم فى مكوناته

كان لتخزين الثمار لمدة ٢٤ ساعة فى هواء تنخفض فيه نسبة الأكسجين إلى ١,٥٪ تأثير بالغ فى خفض معدل تنفس تلك الثمار لمدة ٢٤ ساعة أخرى بعد نقلها إلى الهواء العادى، وأدت زيادة فترة التخزين حتى ٧٢ ساعة فى ١,٥٪ أكسجين إلى زيادة الفترة التى استمر فيها الانخفاض فى معدل تنفس الثمار — بعد نقلها إلى الهواء العادى — إلى

٤٨ ساعة وكان التخزين فى هواء يحتوى على ٥٪ أكسجين أقل تأثيرًا فى هذا الشأن، بينما لم يكن للتخزين فى ١٠٪ أكسجين أى تأثير، وذلك مقارنة بالكنترول (Rahman وآخرون ١٩٩٣).

وأدى تخزين الفلفل فى ٣٪ ثانى أكسيد كربون، و ٣٪ أكسجين لمدة ١٥ يومًا على حرارة ٨°م أدى إلى تقليل أعفان الثمار عندما وضعت بعد ذلك على حرارة ٢٠°م لمدة سبعة أيام، وذلك مقارنة بالتخزين فى صفر٪ ثانى أكسيد كربون و ٢١٪ أكسجين (Polderdijk وآخرون ١٩٩٣)

وقد أمكن شحن الفلفل من هولندا إلى الولايات المتحدة بطريق البحر فى رحلة استغرقت ١٠ أيام على حرارة ٨°م، ورطوبة نسبية ٩٢٪، مع ٤٪ أكسجين + ٣٪ ثانى أكسيد كربون، كان الفقد فى الوزن خلالها ٣٪ فقط، وبعد ٧ أيام إضافية من العرض على حرارة ١٧°م ورطوبة نسبية ٧٥٪ بلغ الفقد فى الوزن ٥٪ (Janssens ١٩٩٤)

وعلى الرغم من أن ثمار الفلفل لم تصب بأضرار البرودة عندما خزنت على حرارة ٥ أو ١٠°م لمدة ١٨ يومًا فى الهواء العادى، إلا أن أضرار البرودة ظهرت بعد ٦ أيام فقط من التخزين على ٥°م عندما احتوى هواء المخزن على ١٠٪ ثانى أكسيد الكربون (+ هواء أو ٣٪ أكسجين)، ولكن هذه النسبة العالية من ثانى أكسيد الكربون لم تؤثر فى نوعية الثمار عندما كان التخزين على ١٠°م. وقد كانت معدلات التنفس وإنتاج الإثيلين (بعد إخراج الثمار من المخزن وحفظها لمدة ٣ أيام على حرارة ١٥°م) أعلى فى الثمار التى كان تخزينها على حرارة ٥°م مع ١٠٪ ثانى أكسيد كربون عما فى تلك التى كان تخزينها على ١٠°م وقد كانت نوعية الثمار أفضل ما يمكن عندما كان التخزين فى ٥٪ ثانى أكسيد كربون (Mercado وآخرون ١٩٩٥).

وقد احتفظت ثمار الفلفل من صنف كاليفورنيا وندر بأفضل نوعية لها لمدة ٤ أسابيع على حرارة ١٠°م عندما كان تخزينها فى ١٪ أكسجين، وذلك مقارنة بالتخزين فى ٣، أو ٥، أو ٧، أو ٢١٪ أكسجين؛ فبعد أسبوعين فقط من التخزين

كانت نسبة الثمار التى أصيبت بالأعفان ٣٣٪ عندما كان التخزين فى ٢١٪ أكسجين، بينما كانت الأعفان ٩٪ فقط فى ١٠٪ أكسجين. وبينما انخفضت نسبة الإصابة بالأعفان قليلاً خلال الأيام الأولى من التخزين فى ٣٪ أو ٥٪ أكسجين، فإن التخزين فى ٧٪ أكسجين لم يختلف عن التخزين فى الهواء العادى (٢١٪ أكسجين) فيما يتعلق بالإصابة بالإعفان. وقد استمرت فاعلية التخزين فى ١٪ أكسجين فى خفض الإصابة بالأعفان طوال فترة التخزين التى استمرت لمدة ٤ أسابيع، وكان معدل تنفس هذه الثمار وإنتاجها من الإيثيلين أقل مما فى الثمار التى خزنت فى نِسَبٍ أعلى من الأكسجين (Luo & Mikitzel ١٩٩٦).

**ويتبين من دراسات Tang & Lee (١٩٩٧) بخصوص تأثير التخزين فى الهواء المتحكم فى مكوناته على إصابة الثمار بأضرار البرودة، ما يلى:**

١ — أصيبت الثمار بأضرار البرودة، ولم تكن صالحة للتسويق عندما خزنت لمدة ٧ أيام على حرارة ١ ْم، أو لمدة ١٥ يومًا على ٤ ْم.

٢ — لم تظهر أعراض أضرار البرودة عندما كان التخزين على ١٠ ْم، ولكن الثمار التى خزنت على هذه الدرجة لمدة ٣٠ يومًا لم تكن صالحة للتسويق كذلك لشدة تدهورها.

٣ — كانت أكثر معاملات الهواء المتحكم فى مكوناته فاعلية فى خفض أضرار البرودة على ٤ ْم هى: ١٪ ثانى أكسيد كربون + ١٪ أكسجين، أو ٣٪ ثانى أكسيد كربون + ١٪ أكسجين.

٤ — لم تكن الثمار صالحة للتسويق بعد تخزينها لمدة ١٥ يومًا فى ١٠٪ ثانى أكسيد كربون + ٣٪ أكسجين، على ٤ ْم.

٥ — ازدادت إصابة الثمار بالأعفان، وازداد إنتاجها من ثانى أكسيد الكربون والإثيلين مع زيادة إصابتها بأضرار البرودة، وزيادة فترة تخزينها.

٦ — كانت أفضل ظروف للتخزين على ٤ ْم — مع احتفاظ الثمار بجودتها لأطول فترة ممكنة — هى: ١٪ ثانى أكسيد كربون + ١٪ أكسجين، و ٣٪ ثانى أكسيد كربون + ١٪ أكسجين

كذلك وجد أن خفض نسبة الأكسجين فى هواء المخزن إلى ٢٪ أو ٥٪ أدى إلى تقليل إصابة ثمار الفلفل بأضرار البرودة عندما خزنت فى حرارة ٥°م لمدة ٢١ يومًا ثم نقلت إلى ١٥°م لمدة ٥ أيام (عن Lougheed ١٩٨٧).

وعموما . فإن الفلفل لا يستجيب للتخزين فى الجو المتحكم فى مكوناته إلا قليلاً، فتركيز الأكسجين (٢٪–٥٪) وحدة ليس له تأثير يذكر على الجودة، بينما يمكن أن يضر التركيز المرتفع (>٥٪) من ثانى أكسيد الكربون بالجودة بظهور نقر سطحية وتغيرات لونية وفقد للصلابة، خاصة إذا كان التخزين على حرارة تقل عن ١٠°م ويعد جو تركيبه ٣٪ أكسجين + ٥٪ ثانى أكسيد كربون مع التخزين على ٥–١٠°م لمدة ٣–٤ أسابيع أفضل للفلفل الأحمر منه للفلفل الأخضر (Cantwell ٢٠٠٧).

## التعبئة والتخزين فى الأغشية غير المنفذة للرطوبة والمعدلة للجو (MAP)

تعبأ ثمار الفلفل فى أكياس غير منفذة للرطوبة (شكل ٢–٤، يوجد فى آخر الكتاب) بهدف تقليل الفقد الرطوبى منها. وقد أدى وضع ثمار الفلفل فى عبوات من البوليثيلين المثقب على ٧–١٠°م إلى نقص الفقد الرطوبى إلى نحو ٥٪ فقط من الفقد الرطوبى فى حالة عدم التغليف، وصاحب ذلك نقص فى معدل طراوة الثمار وتلونها عندما كان التخزين فى حرارة ١٤ أو ٢٠°م هذا إلا أن الثمار المغلفة فى الأكياس كانت — فى الحرارة العالية — أكثر تعرضًا للإصابة بالأعفان، الأمر الذى قلل من قدرتها التخزينية (Lownds وآخرون ١٩٩٣)

كما أمكن إطالة فترة احتفاظ ثمار الفلفل بجودتها بعد الحصاد حتى ٤٠ يومًا بتشميع الثمار ثم تغليفها فى أغشية منخفضة الكثافة من البوليثيلين بسمك ٤٢ أو ٦٥ ميكرونًا، وتخزينها على ١٠°م، مع ٧٥٪ رطوبة نسبية. وقد أدت عمليتا التشميع والتغليف إلى زيادة فترة الصلاحية للتخزين على ١٠°م بمقدار ٢٠ يومًا وأبطأتا جوهريا كلا من وصول الثمار إلى مرحلة الشيخوخة ومن التغيرات اللونية فيها، كما أحدثتا نقصًا فى معدلات

فقد الثمار لوزنها، وإصابتها بالأعفان، مقارنة بالتغيرات فى ثمار الكنترول ولم تظهر أى تغيرات غير طبيعية فى طعم الثمار التى عوملت بهذه الطريقة وخزنت حتى ٤٠ يومًا (Gonzalez & Tiznado ١٩٩٣).

هذا إلا أن تعبئة ثمار الفلفل فى أغشية من البوليثيلين المنخفض الكثافة يؤدى إلى رفع الرطوبة النسبية داخل العبوة إلى درجة قريبة من التشبع، وتتكثف الرطوبة على الثمار والأسطح الداخلية للأغشية وقد أمكن التغلب على هذه المشكلة بوضع مادة ماصة للرطوبة — مثل كلوريد الصوديوم — داخل العبوة بمعدل ١٠ جم لكل عبوة تحتوى على أربع ثمار (٥٠٠–٦٠٠ جم) من الفلفل الأحمر. وعلى الرغم من أن إضافة كلوريد الصوديوم إلى العبوة أدت إلى زيادة الفقد فى الوزن قليلاً مقارنة بالفقد فى الوزن فى ثمار الكنترول، إلا أن هذه المعاملة حافظت على الرطوبة النسبية فى حدود ٩٢٪–٩٥٪، وجعلت من الممكن تخزين الثمار على ٨°م لمدة ثلاثة أسابيع دون أن تتعرض للإصابة بالأعفان (Rodov وآخرون ١٩٩٥).

وقد أمكن — كذلك — خفض الرطوبة النسبية داخل العبوات — دون التأثير على الفقد فى الوزن — باستعمال بوليثيلين مثقب بدلاً من البوليثيلين العادى، وكانت الثمار المعبأة فى البوليثيلين المثقب أقل تعرضًا للإصابة بالأعفان (عفن بوتريتس *Botrytis*) من نظيرتها غير المعبأة فى البوليثيلين غير المثقب، كما كانت أقل فقدًا فى الوزن من نظيرتها غير المعبأة فى أغشية البوليثيلين (Ben-Yehoshua وآخرون ١٩٩٦).

وأوضحت الدراسات أن تثقيب الغشاء يؤثر كثيرًا على تركيز الأكسجين وثانى أكسيد الكربون، ويقلل التكثيف المائى داخل العبوات، ويؤدى إلى تعديل الهواء المحيط بالثمار بما يتناسب واحتفاظها بجودتها لفترة طويلة أثناء التخزين (Ben-Yehoshua وآخرون ١٩٩٨).

وأوضحت دراسات Meir وآخرون (١٩٩٥) بخصوص تأثير تعبئة ثمار الفلفل الأحمر الحلو فى أكياس من البوليثيلين المثقب بدرجات مختلفة (تراوحت بين ٠.٠٦٤٪،

و ٠.٤٢٪) أوضحت وجود عدة مزايا لذلك، كما يلى

١ – أنقصت التعبئة فى أكياس البوليثيلين المثقب الفقد الرطوبى بنسبة ٤٠٪–٥٠٪ فى الثمار التى خزنت فى حرارة ٧,٥°م لمدة أسبوعين، ثم فى حرارة ١٧°م لمدة ٣ أيام إضافية

٢ – لم تُحدث التعبئة فى أكياس البوليثيلين المثقبة زيادة جوهرية فى نسبة إصابة الثمار بالأعفان خلال فترتى التخزين (١٤ يومًا على حرارة ٧,٥°م) والعرض (٣ أيام على حرارة ١٧°م)

٣ – أمكن مع التعبئة فى أكياس البوليثيلين المثقبة تخزين ثمار الفلفل الحلو الأحمر فى حرارة ٣°م دون أن تظهر عليها أضرار البرودة

٤ – أدى وضع ثمار الفلفل الأحمر فى تلك الأكياس لمدة يومين على حرارة ٢٥°م إلى اكتمال تلوينها بشكل جيد فى نهاية فترة التخزين التى استمرت لمدة ١٢ يومًا. وذلك دون أن تفقد الثمار صلابتها أو جودتها.

كما أمكن إطالة فترة تخزين ثمار الفلفل الحلو – مع الاحتفاظ بجودته – بغمس الثمار فى محلول هيبوكلوريت بتركيز ١٪، ثم وضعها – بعد جفافها – فى صوان ألومنيومية، وتغطيتها بغشاء من البولى فينيل كلورايد PVC بسمك ١٦,٥ ميكرونًا، وتخزينها على ٨°م وبهذه الطريقة . لم يتعد الفقد الرطوبى من الثمار ١١.٦٪ بعد ٣٠ يومًا من التخزين (Barros وآخرون ١٩٩٤).

كذلك أدت تعبئة ثمار الفلفل الأخضر المكتملة التكوين من صنف لامويو فى أغشية من البولى بروبلين التى تتفاوت فى درجة نفاذيتها (نفاذية قدرها ١٠ أو ٨٠ لتر/م٢/يوم لكل من الأكسجين، وثانى أكسيد الكربون) . أدت إلى تقليل تعرضها لأضرار البرودة عند تخزينها على ٢°م، وخاصة فى الغشاء الأقل نفاذية. وقد كانت الزيادة فى إنتاج كل من الـ ACC، والبوترسين، والـ ABA فى الثمار المعبئة فى هذه الأغشية أقل مما فى نظيراتها من الثمار المخزنة فى الحرارة المنخفضة دون تغليف (Serrano وآخرون ١٩٩٧)

وعمومًا .. فإن غمر ثمار الفلفل لمدة ٤ دقائق فى ماء ساخن على ٥٣°م ثم تعبئتها فى أغشية بوليثيلين ذات كثافة منخفضة بسمك ٦٥ ميكرونًا يحافظ على جودتها بشكل جيد عند تخزينها فى حرارة ٨°م. وقد أدت المعاملة الحرارية إلى خفض معدل التنفس والإصابة بالأعفان، والمحافظة على امتلاء ونضارة الثمار ولونها الأخضر، وذلك لمدة ٢٨ يومًا (González-Aguilar وآخرون ١٩٩٩، و Raffo وآخرون ٢٠٠٧). وحتى بدون المعاملة الحرارية فإن التخزين فى الظروف المشار إليها ساعد على احتفاظ ثمار الفلفل الحار بجودتها لمدة أربعة أسابيع (Wall & Berghage ٢٠٠٧).

## التصدير

يصدر الفلفل الأخضر إلى بعض دول أوروبا الغربية خلال الفترة من يناير إلى منتصف أبريل. تفرز وتستبعد الثمار غير المطابقة للصنف، وغير المنتظمة الشكل، والمصابة بجروح أو خدوش أو أمراض، والمصابة بلفحة الشمس، وعديمة العنق. ويجب أن تكون الثمار المصدرة كاملة وسليمة وطازجة، وفى درجة مناسبة من النضج، وذات لون طبيعى، وخالية من آثار المبيدات، وآثار الإصابات المرضية والحشرية.

تعبأ الثمار فى كراتين سعة ٣ كجم، ترص فيها الثمار يدويًا فى صفوف. وتبقى الثمار بحالة جيدة لمدة ٣٠ يومًا عند تداولها جيدًا.

## الفلفل المجهز للمستهلك

يجهز الفلفل الطازج للمستهلك fresh-cut على صورة قطع ١×١ سم (diced) أو شرائح (sliced).

يجب ألا يكون الفلفل المجهز متغير اللون أو مائى المظهر يجب استقبال الفلفل الخام وهو فى حرارة ٧°م وأن يخزن على ٧-١٠°م حتى التشغيل، ثم على ١-٤°م بعده ومن بين المشاكل التى تؤثر فى المظهر العام دكنة لون الجدر الثمرية، والتلون البنى للأسطح المقطعة والتحلل ويجب غسيل ثمار الفلفل بالرش بالماء قبل تجهيزها،

ثم بعد استئصال العنق والمشيمة بما تحمله من بذور (Coring) لتقليل أعداد الميكروبات

وعلى الرغم من أن ثمار الفلفل الكاملة تعد حساسة للبرودة فإنه من الضرورى تخزين الفلفل المجهز على حرارة صفر-٥ °م، علمًا بأن الثمار التامة النضج أقل حساسية للبرودة من الثمار الخضراء المكتملة التكوين من نفس الصنف (González-Aguilar ٢٠٠٤)

أما الجو المتحكم فيه الموصى به فهو ٣٪ أكسجين + ٥٪ إلى ١٠٪ ثانى أكسيد كربون ويمكن أن تؤدى زيادة ثانى أكسيد الكربون عن ١٠٪ إلى دكنة لون الأنسجة وطراوتها وتتباين الأصناف كثيرًا فى قدرتها التخزينية وفى حساسيتها لأضرار ثانى أكسيد الكربون، كما تزداد القدرة التخزينية فى الفلفل المكتمل النضج عما فى الفلفل الأخضر المكتمل التكوين، ويزداد التحلل — الذى يسببه الفطرين *Alternaria*، و *Botrytis* وبكتيريا العفن الطرى البكتيرى — فى الفلفل المقطع إلى أجزاء صغيرة عما فى الفلفل المقطع إلى شرائح

وقد احتفظ الفلفل الـ jalapeno المجهز للمستهلك fresh-cut بخصائص الجودة (فيما يتعلق بالقوام واللون والمحتوى الرطوبى) وكذلك محتواه من مضادات الأكسدة (الألفاكاروتين وحامض الأسكوربيك) بصورة أفضل عند تعبئته فى جو معدل MAP (٥٪ أكسجين + ٤٪ ثانى أكسيد كربون) على ٤,٤ °م لمدة ١٢ يومًا عما كان عليه الحال عندما كان التخزين فى الهواء على نفس الدرجة، علمًا بأنه بعد ٣ أيام إضافية من التخزين على ١٣ °م كان احتفاظ الثمار بمحتواها من الألفاكاروتين ٨٧٪، مقارنة بـ ٦٨٪ فى ثمار الكنترول، واحتفاظها بمحتواها من حامض الأسكوربيك ٨٣٪ مقارنة بـ ٥٦٪ فى الهواء (Howard & Hernandez-Brenes ١٩٩٨).

وأدى تكرار غسيل قطع الفلفل الحلو المجهز للمستهلك بالماء المقطر حتى ثلاث مرات قبل تخزينه فى MAP على ٧ °م إلى المحافظة على نضارة الشرائح بصورة واضحة عما فى معاملة الكنترول. وبالمقارنة بمعاملة الكنترول التى لم تغسل فيها الشرائح

قبل تعبئتها، فإن هواء الـ MAP احتوى على تركيزات أعلى من الأسيتالدهيد والإثيل أسيتيت عما فى هواء تلك التى غسلت فيها الشرائح وقد تبين من تحليل ماء الغسيل احتواءه على تركيزات واضحة من الأسيتالدهيد والفينولات الذائبة التى غسلت مع الماء من الأسطح المقطوعة للأنسجة، وهى المركبات التى تتكون فى الأنسجة استجابة لحالة الشدّ التى تنشأ فيها عند تعرضها للتقطيع، وربما تواجدت مركبات أخرى فى ماء الغسيل لم يتم تحليلها (Toivonen & Stan ٢٠٠٣)

وبينما يحتفظ الفلفل المجهز للمستهلك fresh-cut بكامل صفاته الأكلية الجيدة لمدة ٧ أيام على حرارة ٨±١°م، فإن العدّ الميكروبى يزداد كثيرًا فيه بعد ذلك حيث يصل إلى أكثر من ١٠^٧^–١٠^٨^ وحدة مكونة لستعمرة CFU/جم (Senesi وآخرون ٢٠٠٠).

ويتباين معدل تنفس الفلفل المجهز للمستهلك (بالملليجرام ثانى أكسيد كربون لكل كيلوجرام فى الساعة) حسب طريقة التجهيز ودرجة الحرارة، كما يلى:

| الحرارة (°م) | شرائح بسمك ٥ سم | قطع ١×١ سم |
|---|---|---|
| صفر | ٢–٦ | ٢–٩ |
| ٥ | ٤–٧ | ٦–١٢ |
| ١٠ | ٦–١٣ | ١١–١٨ |



الفصل الثالث

# الكنتالوب (القاوون) والشمام

تنضج ثمار الشمام والقاوون بعد نحو ٣ إلى ٤ شهور من الزراعة، وتستغرق الثمار نحو ٤٠–٤٥ يومًا من العقد حتى النضج.

## التغيرات العامة المصاحبة لنضج الثمار

تحدث التغيرات التالية فى ثمار الشمام والقاوون مع تقدمها فى النضج:

١– تزداد نسبة السكر والمواد الصلبة الذائبة الكلية (ولكن لا تحدث أى زيادة بعد وصول الثمار لمرحلة الانفصال الكامل)، وتنخفض تدريجيًّا نسبة النشا فى البذور.

٢– تقل نسبة السكريات المختزلة

٣– تزداد نسبة المواد البكتينية الذائبة.

٤– تقل صلابة الثمار.

٥– قد تتحسن النكهة والقوام بعد الحصاد، ولكن لا تزيد نسبة السكريات.

٦– إذا تركت الثمار بدون حصاد بعد اكتمال نضجها، فإنها تفقد صلابتها، وينخفض محتواها من السكريات تدريجيًّا (Whitaker & Davis ١٩٦٢).

يرتبط تراكم السكروز فى ثمار الكنتالوب بطول المدة التى تبقى فيها الثمرة متصلة بالنبات، مع انخفاض فى مستوى نشاط الإنزيم soluble acid invertase عن حدٍّ معين (فى الواقع لا يبدأ السكر فى التراكم إلاّ عند حدوث ذلك الانخفاض فى نشاط الإنزيم)، وزيادة فى نشاط ثلاثة إنزيمات أخرى عن حدٍّ معين، وهى: phosphate synthase، و sucrose synthase، و neutral invertase ويلاحظ أن مستوى نشاط تلك الإنزيمات الثلاثة الأخيرة يكون منخفضًا فى التراكيب الوراثية التى ينخفض محتوى ثمارها من السكروز (Burger & Schaffer ٢٠٠٧)

## علامات النضج، ومرحلة النضج المناسبة للحصاد

تختلف علامات النضج باختلاف الطراز الصنفى؛ ولذا فإننا نتناول ذلك الأمر فـى كل طراز أو مجموعة من الطرز المتشابهة معًا.

**وتتوقف مرحلة النضج المناسبة للحصاد على العوامل التالية:**

١– مدة الشحن والتسويق.

٢– الصنف

٣– معاملات ما بعد الحصـاد

٤– درجة الحرارة عند الحصـاد، وأثناء الشحن والتسويق

٥– طريقة الشحن

٦– طريقة التخزين.

ويلاحظ فى جميع أصناف الشمام والقاوون أن مرحلة النـضج النبـاتى تـسبق مرحلـة النضج الاستهلاكى الذى تظهر فيـه الرائحـة المميـزة للثمـار، وتحـدث أثنـاءه الـتغيرات المرغوبة فى اللون والصلابة والقوام.

ومن الطبيعى أنه يمكن – كقاعدة عامة – حصاد الثمار فـى مرحلـة أقـل تقـدمًا مـن النضج – بعد اكتمال تكوينها – كلمـا قـصرت مـدة الـشحن، وكلمـا تحـسنت ظـروف التداول والتخزين بعد الحصـاد، وكلما ازداد الاهتمام بالمحافظـة علـى سلـسلة التبريـد، علمًا بأن الأمر كله يختلف باختلاف الطراز الصنفى والصنف ذاته.

وتكمل ثمار القاوون المكتملة التكوين mature نضجها ripening بعد الحـصاد، ولكـن لا يزيد محتواها من السكر عما يكون عليه عند الحصـاد، لعدم احتوائها على مخزون من النشا. وتمثل السكريات حوالى ٩٦٪ من محتوى الثمار من المواد الـصلبة الذائبـة الكليـة وتقتصر التغيرات التـى تحـدث فـى الثمـار بعـد الحـصاد علـى كثافـة تكـوين المركبـات المتطايرة المسئولة عن النكهة المميزة، وليونة الثمرة

**ومن أهم علامات النضج فى مختلف المجموعات الصنفية، ما يلى:**

**الشمام والشهد**

يعرف نضج الشمام والشهد بالعلامات التالية:

١- يتغير لون جلد الثمرة من اللون الأخضر إلى الأصفر

٢- بدء ليونة الثمرة، خاصة من الطرف الزهرى.

٣- تكتسب الثمرة رائحة عطرية مميزة.

وتحصد ثمار الشمام والشهد — عادة — عند اكتمال نضجها، ولكن يفضل حصادها في مرحلة سابقة لذلك، مع مراعاة أن تكون قد وصلت إلى مرحلة اكتمال التكوين.

**القاوون الشبكى**

نتناول تحت القاوون الشبكى علامات النضج فى طرز الأناناس، والجاليا، والكنتالوب الأمريكى، والإيطالى.

يوجد طرازان من الكنتالوب الأمريكى الشبكى (الـ muskmelon): الغربى Western shipper (الذى يُنتج أساسًا فى أريزونا، وكاليفورنيا، وتكساس)، والشرقى Eastern shipper (الذى يُنتج فى شرق الولايات المتحدة)، وكلاهما *Cucumius melo* var *cantalupensis*، على الرغم من أن كليهما ليس بكنتالوب حقيقى true cantaloupe كالذى ينمو فى Cantaluppi بإيطاليا ويتميز بثماره غير الشبكية. وكلا الطرازان الأمريكيان متماثلين فى صفاتهما باستثناء أن الشرقى بثماره تضليع واضح عميق، بينما لا يوجد ذلك التضليع فى الطراز الغربى (Shellie & Lester ٢٠٠٤).

ويعد طراز الجاليا هو أكثر طرز الكنتالوب (القاوون) الشبكى فى مصر حاليًا.

ويعرف نضج القاوون الشبكى — بمختلف طرزه — بالعلامات التالية:

١- يكتمل تكوين الشبك بجلد الثمرة ويتحول من شبك مسطح ذى زوايا حادة إلى شبك ناعم ومحدب.

٢- يبدأ لون جلد الثمرة بين الشبك فى التحول من اللون الأخضر الداكن أو الأخضر الرمادى إلى الأخضر المائل إلى الصفرة

٣- يتكون غطاء شمعى على سطح الثمرة، يمكن معرفة مدى صلابته بمحاولة خدشه.

٤- يبدأ ظهور شق حول عنق الثمرة عند موضع اتصاله بها، وتعرف هذه المرحلة من النضج باسم نصف الانفصال Half Slip. ومع استمرار نضج الثمرة ... يحيط الشق إحاطة تامة بمنطقة اتصال الثمرة بالعنق، وتعرف هذه المرحلة باسم اكتمال الانفصال Full Slip وعلى الرغم من هذه التسمية فإن الثمرة لا تنفصل تمامًا عن العنق، بل تبقى متصلة به من المركز (شكل ٣-١؛ يوجد فى آخر الكتاب)، وتكون هذه المرحلة سهلة الانفصال تمامًا عن العنق وجاهزة للتسويق المحلى، بينما تتطلب الثمار فى مرحلة نصف الانفصال قوة أكبر للحصاد. وتكون أقل نضجًا وفى كلتا الحالتين . يكون الشبك قد اكتمل تكوينه، وتغير لون جلد الثمرة بين الشبك إلى اللون الأصفر، واكتمل تراكم معظم السكر بالثمار

وعند تسويق الثمار محليًا . فإنها تقطف عند تمام نضجها (أى فى مرحلة الانفصال الكامل بالنسبة للقاوون الشبكى) . ولكن قبل أن تفقد صلابتها وتصل ثمار القاوون الشبكى لأفضل نوعية للأكل عادة بعد الحصاد بنحو ١-٣ أيام فى حرارة ٢١°م. أما فى حالة الشحن فإن الثمار تحصد قبل تمام نضجها، مع مراعاة ألا تكون غير مكتملة التكوين immature إلى درجة لا تنضج معها جيدًا بعد الحصاد.

تكون ثمار الكنتالوب الأمريكى فى أفضل مراحل صفاتها الأكلية عندما لا تقل نسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية بها عن ١٠٪ وحتى ١٢٪، مع تراوح قراءة جهاز قياس الصلابة بالاختراق penetrometer reading فيها بين كيلوجرام واحد وكيلوجرامين على السنتيمتر المربع من سطح الثمرة (عن Salunkhe & Desai ١٩٨٤)

ويجب فى جميع الحالات التى تحصد فيها الثمار قبل ظهور علامات النضج

الخارجية عليها – وهى الحالات التى يلزم فيها تخزين الثمار لفترات طويلة، كما فى حالة الشحن البحرى – أن يتم الربط بين المظهر الخارجى للثمار ومحتواها من المواد الصلبة الذائبة الكلية، ليمكن حصاد الثمار – عندما يصل محتواها إلى ١٠٪ على الأقل. ويلزم تحديد هذه العلاقة لكل صنف على حدة، وفى كل موسم زراعة، ولكل منطقة؛ ذلك لأن مظهر الثمار الخارجى – حينئذٍ – يتحكم فيه العوامل الوراثية الخاصة بالصنف، والعوامل البيئية السائدة أثناء الحصاد.

أما الثمار التى تحصد لأجل الشحن الجوى فإن قطفها يكون فى مرحلة واضحة من النضج يكون فيها جلد الثمرة أصفر اللون أو أصفر ضارب إلى الخضرة قليلاً.

وعند حصاد الثمار لأجل شحنها بطريق البحر، فإنه يتعين أن يظهر بجلد الثمرة – بين الشبك – أى درجة من درجات التلوين (أخضر مصفر، أو أصفر مخضر)، على ألا يقل محتواها من المواد الصلبة الذائبة الكلية عن ١٠٪.

وفى دراسة أجريت على ثمار صنفين من طراز الجاليا – هما جاليا ٥ Galia 5، ودورال Doral – لتقييم مدى تحملها للشحن البحرى عند حصادها فى درجات مختلفة من التكوين، حصدت ثمار الجاليا ٥ عندما ظهر عليها اللون الأصفر بنسبة أقل من ١٠٪، وبنسبة ١٠–٢٠٪، وبنسبة ٥٠–٧٠٪، وخزنت على حرارة ١٢°م لمدة ٢٦ يومًا، بينما قطفت ثمار دورال بعد ٣١ يومًا أو ٣٥ يومًا من تفتح الزهرة، وخزنت على حرارة ١٢°م لمدة ٣٣ يومًا. وقد وجد أن ثمار الجاليا التى حصدت فى طورى التلوين الأول والثانى لم يظهر بها انهيار بالأنسجة، ولكنها فشلت فى التلوين بدرجة مقبولة، بينما تلك التى حصدت فى طور التلوين الثالث (٥٠–٧٠٪ اصفرار) ظهر انهيار فسيولوجى بأنسجتها خلال فترة التخزين. أما ثمار الصنف دورال التى قطفت بعد ٣١ يومًا من تفتح الزهرة فقد احتفظت بصفاتها الداخلية الجيدة لمدة التخزين، بينما أظهرت تلك التى قطفت بعد ٣٥ يومًا من تفتح الزهرة انهيار فسيولوجى بأنسجتها بعد ٢٨ يومًا من التخزين على ١٢°م (Moelich وآخرون ١٩٩٦)

## الشارانتيه

يُعد الشارانتيه كنتالوب حقيقى، وتتوفر منه طرزًا ملساء وأخرى شبكية

لا يبدو على ثمار الشارانتيه تغيرات خارجية قاطعة عند وصولها إلى مرحلة التكوين والنضج المناسبتين للحصاد ويتم تحديد المرحلة المناسبة للقطف عندما يصبح اللون الأساسى للثمرة فاتحاً

### ومن أهم علامات النضج فى ثمار الشارانتيه ما يلى:

١– اصفرار أقرب ورقة للثمرة، وإذا ما جفت فإن الثمرة تكون زائدة النضج

٢– تلون الثمار باللون الأبيض الذهبى وليس البرتقالى (شكل ٣–٢، يوجد فى آخر الكتاب)

٣– تصبح الأضلاع خضراء رمادية (شكل ٣–٢، يوجد فى آخر الكتاب)، وإذا أصبحت خضراء أو صفراء فإن الثمار تكون زائدة النضج (شكل ٣–٣، يوجد فى آخر الكتاب)

وإذا تركت الثمار لتكمل نضجها على النبات قبل قطفها فإنها تفقد صلابتها بسرعة شديدة، ويصبح لبها مائى المظهر، وتتكون فيها تركيزات عالية من المركبات المتطايرة والكحولية التى تجعلها غير مستساغة الطعم، وهى الظاهرة التى تعرف باسم Vitrosity وتقطف الثمار قبل وصولها إلى تلك المرحلة بعدة أيام، ولكن بعد اكتمال تكوينها، والصعوبة هى فى تحديد مرحلة اكتمال التكوين

## الكنتالوب الحقيقى

تنتمى أصناف الكنتالوب الحقيقى للصنف النباتى *Cucumis melo* var. *cantalupensis*، وتضم طُرز الكرينشو Crenshaw، والكاسابا Casaba، والفارسى Persian، وجميعها لا تنفصل فيها الثمار انفصالاً طبيعيًّا عن العنق عند النضج، ويعرف فيها النضج بعلامات مميزة لكل طراز

فتكون ثمار الكاسابا جاهزة للحصاد عندما تصبح قشرتها المضلعة أو المجعدة كثيرًا

صفراء اللون، وطرفها الزهرى لين مرن. يجب أن يكون اللب طريًا، وبلون أبيض تقريبًا، ولكن مع مسحة قرنفيلية حول تجويف البذور، وأن يكون حلو المذاق. لا توجد رائحة للثمار باستثناء آثار من رائحة الخيار

أما ثمار الكرنشو Crenshaw (وهى ناتجة من التهجين بين الكاسابا والفارسى) فإنها تكون جاهزة للأكل عندما يتحول حوالى ٥٠٪ من مسطح جلد الثمرة الأخضر الداكن إلى اللون الأصفر، وعندما يصبح الطرف الزهرى لين مرن، مع ظهور رائحة تابلية (من التوابل) لطيفة فى حرارة الغرفة. أما اللب فإنه يكون شديد الحلاوة وعصيرى وبلون قرنفلى وطرى. أما الثمار التى تكون تامة الاصفرار من الخارج، فإنها تكون زائدة النضج ولا تصلح للاستهلاك.

## الهنى ديو (شهد العسل)

يتبع الهنى ديو Honey Dew (أو شهد العسل) الصنف النباتى *C. melo* var *inodorus*، وباستثناء القليل من أصناف تلك المجموعة التى تنفصل ثمارها انفصالاً طبيعيًا عند النضج، فإن غالبية أصنافها لا تنفصل فيها الثمار انفصالاً طبيعيًا عن العنق عند النضج.

**ويعرف فيها النضج بالعلامات التالية:**

١- اصفرار جلد الثمرة أو جزء منه.

٢- طراوة الطرف الزهرى للثمرة قليلاً، ويظهر ذلك عند الضغط عليه.

٣- يتغير لون جلد الثمرة عند موضع رقادها على التربة إلى الأصفر قليلاً.

وتُصَنَّف ثمار شهد العسل عند حصادها إلى ثلاث درجات من اكتمال التكوين والنضج، كما يلى:

١- ثمار مكتملة التكوين mature، ولكنها غير ناضجة uripe:

يكون لون الجزء الملامس للتربة فى هذه الثمار أبيض مخضر قليلاً، ولا يكون لها طعمًا مميزًا، كما يكون جلد الثمرة عليه شعيرات وغير شمعى ويجب عدم حصاد الثمار

فى هذا الطور من التكوين قبل أن يصل محتواها من المواد الصلبة الذائبة الكلية إلى ١٠٪، ويفضل أن يكون ١١٪

٢– ثمار مكتملة التكوين mature وآخذه فى النضج ripening.

يكون فيها لون الجزء الملامس للتربة أبيض باخضرار خفيف، ويكون الجلد شمعى قليلاً، والطرف الزهرى صلب، ولا يكون لها طعم مميز إلا قليلاً وتلك هى مرحلة التكوين المناسبة للحصاد، ويمكن أن تصل فيها نسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية الى ١٢,٥٪

٣– ثمار ناضجة ripe.

يكون لون الجزء الملامس للتربة فى هذه الثمار أبيض كريمى مصفر قليلاً، والجلد شمعى بوضوح، وتظهر لها نكهة مميزة، كما يكون الطرف الزهرى أقل صلابة من ذى قبل، ويمكن أن يصل محتواها من المواد الصلبة الذائبة الكلية إلى ١٤٪ (Suslow وآخرون ١٩٩٧ ب)

يكون من الصعب – غالبًا – تحديد مرحلة النضج المناسبة للحصاد فى ثمار الهنى ديو، ويبين جدول (٣–١) فئات مراحل النضج المختلفة (متضمنة المراحل الثلاث التى أسلفنا بيانها) وخصائصها.

وبصفة عامة يُحصد شهد العسل باكتمال التكوين وليس بالحجم، علمًا بأن اكتمال التكوين يصعب تقديره لعدم وجود انفصال طبيعى للثمرة عن العنق ويعتمد تقسيم مراحل اكتمال التكوين – غالبًا – على التغيرات فى لون الجزء من جلد الثمرة الذى يلامس التربة من اللون المخضر إلى اللون الكريمى مع بعض الاصفرار

ومن أهم علامات الجودة الخارجية لثمار الهنى ديو الشكل المتناسق الكروى تقريبًا مع التجانس فى المظهر، والخلو من الندب والعيوب السطحية، والخدوش، وتبدو الثمار ثقيلة بالنسبة لحجمها، ويكون جلدها شمعيًّا وليس زغبيًّا (Suslow وآخرون ٢٠٠٧)

جدول (٣-١). فئات مراحل نضج ثمار الهنى ديو وخصائصها (عن Cantwell ١٩٩٦)

| الفئة | الصفات | الإثيلين الداخلي (جزء في المليون) | صلابة اللحم (كجم) | المواد الصلبة الذائبة (%) |
|---|---|---|---|---|
| غير مكتملة التكوين | لون خارجي مخضر - زغبية - لا توجد رائحة - قد تحصد بطريق الخطأ | — | — | — |
| مكتملة التكوين - غير ناضجة | اللون الخارجي أبيض مشوب بالخضرة - الجلد زغبي قليلاً - لا توجد رائحة - تتفلق الثمرة حين قطعها - اللب قعيم - أقل درجة من النضج يسمح بها تجاريًا - الحد الأدنى للمواد الصلبة الذائبة ١٠٪ | ٠,٨ | ٣,١٠ | ١٠-١١ |
| مكتملة التكوين - تنضج | اللون الخارجي أبيض بآثار من الأخضر - الجلد ليس زغبيًا - الجلد شمعي قليلاً - الرائحة قليلة إلى ملحوظة - تتعلق الثمرة حين قطعها - اللب قعيم - تصلح للشحن لفترة طويلة | ٥,٢ | ٢,١ | ١١-١٢ |
| ناضجة | اللون الخارجي أبيض كريمي إلى أصفر فاتح - الجلد شمعي - الرائحة ملحوظة - قد يبدأ العنق في الانفصال عن الثمرة - اللب صلب - لا تتعلق الثمرة حين قطعها - الأنسب للأكل - تحصد للتسويق المحلي | ٢٧,١ | ١,٥ | ١٢-١٤ |
| زائدة النضج | اللون الخارجي أصفر - طرية عند الطرف الزهري - الرائحة قوية جدًا - انفصال الثمرة عن العنق - اللب طري ومائي المظهر جزئيًا | ٢٩,٤ | ١,١ | ١٤-١٥ |

وتتطلب ثمار شهد العسل (الهنى ديو) المعاملة بالإثيلين حتى تنضج، حيث تلين قليلاً عند الطرف الزهرى، وتظهر بها الرائحة المميزة

هذا ويكون لب الثمرة فى الهنى ديو بلون أخضر، إلا أن بعض الأصناف يكون لبها بلون ذهبى، أو برتقالى، أو وردى

**ويعتقد بأن أصناف شهد العسل ذات اللب البرتقالى تعد بديلاً جيدًا لأصناف الكنتالوب (الـ muskmelon الأمريكى) ذات اللب البرتقالى والجلد الشبكى لسببين، هما:**

١- نعومة جلد ثمار شهد العسل؛ فلا توجد مخاطر لعدم التخلص التام من الحمل الميكروبى كما فى الكنتالوب الشبكى.

٢- تميز ثمار شهد العسل البرتقالية بصفات جودة عالية (Hodges & Lester ٢٠٠٦، و Lester وآخرون ٢٠٠٧)، وبارتفاع محتواها من مضادات الأكسدة وإن تباينت الأصناف فى هذا الشأن (Lester & Hodges ٢٠٠٨)

### البيل دى سابو

تنفصل ثمار البيل دى سابو طبيعيًا عن العنق عند نضجها، ولكنها تقطف قبل وصولها إلى تلك المرحلة بيومين إلى عدة أيام، حسب درجة الحرارة السائدة أثناء موسم الحصاد، والفترة التى تمر على الثمار من الحصاد حتى وصولها إلى المستهلك ولمّا كان طراز البيل دى سابو لا يستهلك محليًا ولا يزرع إلا لأجل التصدير، لذا يتعين حصاد الثمار بمجرد اكتمال تكوينها وقبل عدة أيام من نضجها. ويعرف اكتمال النمو بتغير لون جلد الثمرة فى الجزء الملامس للتربة إلى اللون الأصفر، مع ظهور اصفرار خفيف بين التمريقات الخضراء على باقى جلد الثمرة.

### الكنارى

تكون ثمار الكنارى جاهزة للأكل عندما يصبح الجلد المضلع أحيانًا ناعمًا، وبلون أصفر كنارى لامع، وعندما يكون طرفها الزهرى لين مرن أما اللب فيجب أن يكون

قصما crisp وأبيض اللون مع مسحة من اللون الوردى حول تجويف البذور، كما تنبعث منه رائحة عطرية فى حرارة الغرفة (Lester & Shellie ٢٠٠٤)

## تأثير المعاملات السابقة للحصاد على نوعية الثمار بعد الحصاد

### المعاملة بأملاح الكالسيوم

عوملت نباتات القاوون (الكنتالوب والهنى ديو) رشًا بالكالسيوم المخلوب على الأحماض الأمينية مع المانيتول بمعدل ٢ ٣ لتر/هكتار (لتر واحد للفدان)، وكانت المعاملات إما (أ) عند ظهور الأزهار المؤنثة، وإما (ب) بعد ١٥ يومًا من الإزهار فى الكنتالوب، أو ٢٠ يومًا فى الهنى ديو، وإما (جـ) بعد ٣٠ يومًا من الإزهار فى الكنتالوب، أو ٣٠ يوما فى شهد العسل، وإما (د) قبل انفصال الثمار بنحو ٣-٥ أيام، وذلك رشًا مرة واحدة فى أحد الموعدين (أ)، أو (د)، أو مرتان فى الموعدين (أ) + (ب)، أو (جـ) + (د)، أ، أربع مرات فى المواعيد (أ) + (ب) + (جـ) + (د). لم يكن لتلك المعاملات أى تأثير على ثمار الكنتالوب بعد الحصاد، إلا أن نباتات الهنى الديو التى تلقت أربع معاملات رش بالكالسيوم كانت ثمارها أكثر صلابة وصلاحية للتسويق وازداد محتواها من الكالسيوم عن ثمار النباتات التى لم تعامل بالكالسيوم أو عوملت لمرة واحدة أو مرتين فقط، هذا بينما لم يتأثر محتوى الثمار من السكريات أو طعمها بتلك المعاملات (Lester & Grusak ٢٠٠٤).

### المعاملة بمثبط تمثيل الإثيلين: AVG

أدى رش نباتات الكنتالوب بالـ aminoethoxyvinylglycine (اختصارًا: AVG) بتركيز ٦٠، أو ١٣٠، أو ٢٦٠ جزءًا فى المليون قبل الحصاد بثمانية عشر أو إثنى عشر يومًا قبل الحصاد إلى انخفاض معدل إنتاج الثمار من الإثيلين عند الحصاد وبعد التخزين البارد عما فى الثمار التى حصدت من معاملة الكنترول. وقد تناسب إنتاج الثمار للإثيلين بعد التخزين عكسيًا مع التركيز الذى استخدم من الـ AVG، وكان أقوى تأثير فى خفض إنتاج الإثيلين عندما كانت المعاملة بالـ AVG بعد أسبوع من وصول الثمار لمرحلة

الشبك الكامل (إثنى عشر يومًا قبل الحصاد) عما لو كانت المعاملة عندما كانت غالبية الثمار فى الوحدة التخزينية قد وصلت لمرحلة الشبك الكامل (ثمانية عشر يومًا قبل الحصاد). هذا إلا أن المعاملة بتركيز ٢٦٠ جزءًا فى المليون أدت إلى تأخير بداية تكوين طبقة الانفصال. كذلك أظهرت المعاملة بالتركيزين ١٣٠، و ٢٦٠ جزءًا فى المليون اصفرارًا بالأوراق كان ظاهرًا بعد أربعة أيام من الرش وتناسبت شدته مع التركيز، إلا أن ذلك لم يؤثر فى قوة النمو النباتى (Shellie ١٩٩٩)

## المعاملة بمستحثات المقاومة الطبيعية للأمراض

أدى رش نباتات الكنتالوب قبل الإزهار بمنشط الدفاع النباتى acibenzolar-S-methyl بتركيز ٥٠ جزءًا فى المليون، مع غمر الثمار — بعد الحصاد — فى المبيد الفطرى guazatine بتركيز ٥٠٠ جزء فى المليون عند الحصاد إلى الحد — كثيرًا — من إصابة الثمار بالأعفان التى تسببها فطريات *Fusarium* spp.، و *Alternaria* spp.، و *Rhizopus* spp.، و *Trichothecium* sp.. ولقد كانت المعاملة بالـ acibenzolar-S-methyl — منفردة — فعالة جوهريًّا فى خفض شدة الإصابة فى عديد من الحالات، ولكن ليس فى جميعها وكان المبيد guazatine — منفردًا — فعالاً جوهريًّا فى خفض إصابة الثمار بالفيوزاريم، ولكن تأثيره كان ضعيفًا على كل من الألترناريا والريزوبس (Huang وآخرون ٢٠٠٠).

كما أدت معاملة نباتات الكنتالوب بأى من الـ benzothiadiazole (اختصارًا. BTH)، أو 2,6-dichloroisonicotinic acid (اختصارًا. INA) أثناء نموها إلى حماية الثمار بعد حصادها من الإصابة بالأعفان التى تسببها فطريات *Fusarium*، و *Alternaria*، و *Rhizopus*، فضلاً عن حماية النباتات من الإصابة بكل من البياض الدقيقى والبياض الزغبى (Bokshi وآخرون ٢٠٠٦).

**الحصاد**

يراعى عند حصاد الشمام والقاوون بأنواعه المختلفة، ما يلى:

١- يُجرى الحصاد مرة كل يوم إلى ثلاثة أيام حسب درجة الحرارة السائدة حتى لا تصبح بعض الثمار زائدة النضج إذا طالت الفترة بين القطفات.

٢- يكون الحصاد عند بداية اصفرار الثمار، وليس قبل ذلك وهى خضراء (لأن الثمار الخضراء لا تتلون بعد القطف)، أو بعد بداية اصفرارها (لأنها سوف تصبح زائدة النضج). ولذا .. يجب إجراء الحصاد يوميًا في الجو الحار حتى يكون الحصاد — دائمًا — في بداية الاصفرار.

٣- يجرى الحصاد في الصباح الباكر، وينتهى قبل العاشرة أو الحادية عشرة صباحًا للاستفادة من انخفاض درجة الحرارة ليلاً في خفض تكلفة عملية التبريد الأولى.

٤- لا تجذب الثمار من النباتات، وإنما تُقص من أعناقها باستعمال مقصات القطف، وبحيث يتبقى نحو ٠,٥-٢,٠سم من عنق الثمرة متصلاً بها، ويتوقف ذلك على الطراز الصنفى، حيث يبلغ الطول المناسب للجزء المتروك من العنق حوالى ٢ سم فى طراز الشارانتيه، بينما يبلغ حوالى ٠.٥-١,٠سم في الطرز الأخرى.

٥- لا تحصد ثمار لأجل التصدير إلا من النباتات السليمة أما الثمار التى تحمل على نباتات ذابلة أو ميتة فإنها يجب أن تحصد مستقلة.

٦- تدريب العمال القائمين بعملية الحصاد، مع عدم تغييرهم أثناء الموسم.

٧- يقوم العمال المتدربون على عملية الحصاد بالمرور على خطوط الزراعة مع تخصيص خط واحد لكل عامل منهم، ويقوم عمال آخرون باستلام الثمار منهم لتجميعها على الخطوط كل خامس خط، ثم تقوم مجموعة ثالثة من العمال بنقل الثمار سريعًا تحت مظلة في الحقل.

٨- تجب حماية الثمار من أشعة الشمس بعد الحصاد حتى نقلها من الحقل إلى محطة التعبئة.

## نقل الثمار من الحقل إلى محطة التعبئة

من أهم الأمور التى تجب مراعاتها بين عملية الحصاد ونقل الثمار إلى محطة التعبئة، ما يلى.

١– تجمع الثمار وتترك عند كل خامس أو سادس خط من خطوط الزراعة

٢– تستعمل عبوات بلاستيكية كبيرة نسبيًا فى نقل الثمار من مكان تجميعها فى الحقل إلى محطة التعبئة، ويجب ألا تزيد محتويات العبوة الواحدة عن ٢٠ كجم من الثمار

٣– عدم ترك الثمار معرضة لأشعة الشمس المباشرة لفترة طويلة وهى على هذا الوضع ولا أثناء نقلها إلى محطة التعبئة، مع ضرورة وصول الثمار إلى محطة التعبئة فى خلال ساعتين من حصادها على أكثر تقدير

٤– معاملة الثمار برفق أثناء وضعها فى عبوات النقل البلاستيكية وأثناء تفريغها منها، لأن أى خدوش تتسبب فيها المعاملة الخشنة للثمار تؤدى حتمًا إلى تقصير فترة صلاحيتها للتخزين

٥– يجب عدم نقل المحصول سائبًا فى عربات الشحن، وإنما فى صناديق بلاستيكية تحتوى على طبقتين فقط من الثمار، ويستثنى من ذلك ثمار طراز شهد العسل (الهنى ديو) نظرًا لمتانة وصلابة قشرتها.

## عمليات التداول

إن مُجمل عمليات التداول لثمار الكنتالوب المعد للتصدير من طراز الجاليا، كما يلى

١– فرز جميع الثمار المشوهة والمتشققة، والمصابة بالأمراض، وغير المكتملة النمو، والزائدة النضج، والمجروحة ... إلخ، واستمرار عمليات التداول على الثمار المتبقية فقط.

٢– الغسيل فى ماء يحتوى على كلور بتركيز ١٥٠–٢٠٠ جزءًا فى المليون

٣– المعاملة بالماء الساخن لمدة ١٥–٢٠ ثانية على حرارة ٥٦°م

٤– التشميع بشمع يحتوى على مطهر فطرى، أو على أقل تقدير معاملة عنق الثمرة بهذا الشمع

٥– التجفيف قبل التعبئة

٦– تعبئة الثمار حسب الحجم، علمًا بأن الأحجام فى الجاليا هى ٤، و ٥، و ٦، و ٨، و ٩ ثمرات، و ١١ ثمرة بالكرتونة ومن الأهمية بمكان المحافظة على تجانس الحجم

٧- التبريد الأولى - قبل التعبئة - بطريقة الدفع الجبرى للهواء إلى أن تنخفض حرارة الثمار إلى ٦-٨°م.

٨- تطهير الحاويات المبردة بالماء المضاف إليه الكلور بتركيز ١٠٠-١٥٠ جزءًا فى المليون.

٩- التعبئة فى الحاويات المبردة على حرارة ٦°م

إن الخدوش والجروح التى تنشأ من سوء معاملة ثمار الكنتالوب، أو إسقاطها من على ارتفاع، أو احتكاكها ببعضها البعض أثناء الشحن لا تُرى عند حدوثها، ولكنها تمثل منفذًا هامًّا للفقد الرطوبى، كما يقابل المناطق الضارة بجلد الثمرة - والتى تصبح غائرة - مناطق مائية المظهر، سريعًا ما تتحلل، وتؤدى دحرجة الثمار واهتزازها أثناء النقل إلى انفصال البذور عن اللحم (Cantwell ١٩٩٦).

**ومن بين الأمور التى تجب مراعاتها بشأن جوانب الصحة العامة فيما يتعلق - خاصة - بالكنتالوب - ما يلى:**

١- عدم الحصاد من الحقول التى تكثر فيها الحيوانات البرية ومخلفاتها.

٢- إعطاء أهمية خاصة لأجل تجنب تلوث الثمار ذات الجلد الشبكى، مع الاعتناء بتنظيفها جيدًا.

٣- مراعاة عدم تلوث لب الثمرة من خلال الجزء المنفصل - جزئيًا أو كليًّا - من عنق الثمرة.

٤- مراعاة جوانب النظافة والصحة العامة من جانب العمال الزراعيين ووسائل التعبئة الحقلية، مع تجنب تجريح الثمار قدر الإمكان.

٥- إذا استخدم الماء البارد فى تبريد ثمار الكنتالوب، فإنه يجب أن يكون عالى الجودة من حيث خلوه من الميكروبات

٦- إذا ما أعيد استخدام ماء التبريد فإنه يجب أن يحتوى على مطهر بتركيز كافٍ لتقليل مخاطر التلوث الميكروبى

٧- يراعى عدم ترك الثمار فى الماء البارد والمحتوى على المطهر لفترة طويلة لأن ذلك

يزيد من فرصة وصول الماء الملوث إلى لب الثمرة من خلال ندبة العنق والجروح، خاصة وأن انخفاض حرارة الثمار – أثناء تبريدها أوليًا – يؤدى إلى تقلص حجم الفراغات الموجودة فيها، مما يؤدى إلى اندفاع الماء بداخلها

٨- إذا أجرى التبريد الأولى بطريقة الدفع الجبرى للهواء يتعين تطهير الأجهزة المستعملة بصورة دورية، لتجنب تلوث الثمار ( Produce Marketing Association and United Fresh Fruit and Vegetable Association – الإنترنت – ٢٠٠٥)

## الفقد الأولى

تفرز الثمار بعد وصولها إلى محطة التعبئة، حيث تستبعد نهائيًا الثمار المتعفنة وغير الصالحة للاستهلاك، وكذلك تفرز الثمار زائدة النضج، والمصابة بلفحة الشمس، والمتشققة، وغيرها من الثمار التى لا تتوافر فيها مواصفات التصدير القياسية، حيث توجه إلى التسويق المحلى

## الغسيل والتطهير

يتم غسيل الثمار المفروزة أوليًا بالماء العادى للتخلص مما يوجد عليها من أتربة، ومما قد يكون ملتصقًا بها من تربة، أو ماء جير، أو أى مواد أخرى. ويجرى الغسيل فى أحواض كبيرة، مع تغييره كلما ازدادت الشوائب.

ويلى ذلك مباشرة تطهير الثمار سطحيًا من البكتيريا بغمرها فى ماء يحتوى على الكلور بتركيز ١٥٠–٢٠٠ جزء فى المليون. وتستعمل محاليل التبييض التجارية (مثل الكلوراكس) – والتى تحتوى على هيبوكلوريت صوديوم، أو هيبوكلوريت كالسيوم بنسبة ٥,٢٪ – كمصدر للكلور

وإذا كانت الثمار نظيفة ابتداء فإنه يمكن ضم عمليتا الغسيل والتطهير بالكلور معًا فى عملية واحدة بإضافة الكلور إلى ماء الغسيل ويراعى فى كلتا الحالتين تجديد الماء المضاف إليه الكلور على فترات

## الفرز والتدريج

إلى جانب الثمار التي تستبعد في عملية الفرز الأولى، فإن الثمار تفرز مرة أخرى لاستبعاد ما قد يكون متبقيًا في اللوط من ثمار غير صالحة للتسويق، ولفصل الثمار التي توجه للتسويق المحلي عن تلك التي توجه للتصدير، ولتدريج الثمار حسب الحجم، وتصنيفها حسب درجة التلوين، حيث لا يجب أن تعبأ في الكرتونة الواحدة ثمار تتفاوت كثيرًا في الحجم، أو في درجة التلوين. ويوضح شكل (٣-٤؛ يوجد في آخر الكتاب) عملية فرز، وتدريج، وتعبئة ثمار الكنتالوب الأمريكي في إحدى محطات التعبئة.

ومن أهم أسس عملية التدريج أن تتساوى أحجام (أوزان وأقطار) الثمار المعبأة في الكرتونة الواحدة، حيث يجب ألا يزيد المدى بين أصغر الثمار وأكبرها حجمًا في الكرتونة الواحدة عن حدٍ معين، علمًا بأن عدد الثمار في كرتونة الجاليا يمكن أن يكون ٤، أو ٥، أو ٦، أو ٨، أو ٩ ثمرات، أو ١١ ثمرة (العدد المفضل هو الخمسات والستات)، وأن الوزن الصافي للكرتونة عند الوصول يجب أن يكون خمسة كيلوجرامات أو أكثر قليلاً عن ذلك (جدول ٣-٢)

جدول (٣-٢): مدى أوزان وأقطار ثمار الجاليا التي يجب تعبئتها في الكرتونة الواحدة، على اعتبار أن الوزن الصافي للكرتونة عند الوصول ٥ كيلو جرامات، وأن الوزن عند التعبئة يجب أن يكون حوالي ٥,٤ كجم لعمل حساب الفقد المتوقع في وزن الثمار أثناء الشحن.

| عدد الثمار بالكرتونة | متوسط وزن الثمرة (كجم) | المدى المسموح به في الكرتونة الواحدة لأقطار الثمار (مم) | المدى المسموح به في الكرتونة الواحدة لأوزان الثمار (كجم) |
|---|---|---|---|
| ٤ | ١,٣٥٠ | ١٥٠-١٣٦ | ١,٤٥٠-١,٢١٠ |
| ٥ | ١,٠٨٠ | ١٣٦-١٢٤ | ١,٢٠٠-٠,٩٥٠ |
| ٦ | ٠,٩٠٠ | ١٢٤-١١١ | ٠,٩٤٠-٠,٧٣٠ |
| ٨ | ٠,٦٧٥ | ١١١-١٠٥ | ٠,٧٢٠-٠,٦٣٠ |
| ٩ | ٠,٦٠٠ | ١٠٥-٩٨ | ٠,٦٢٠-٠,٥٥٠ |
| ١١ | ٠,٤٩٠ | ٩٨-٩٢ | ٠,٥٤٠-٠,٤٠٠ |

كذلك يمكن أن تفرز الثمار أو تدرج حسب محتواها من المواد الصلبة الذائبة الكلية

ولضمان احتواء ثمار القاوون على حد أدنى من المواد الصلبة الذائبة الكلية، قامت إحدى الشركات (S A Scalime بفرنسا) بتصميم آلة يمكنها تقدير محتوى الثمار من المواد الصلبة الذائبة الكلية آليًا – بطريقة الرفراكتوميتر – قبل تعبئتها تقوم هذه الآلة – التى تعرف باسم توب ٨٤ Top 84 بفحص ٢٣٠٠ ثمرة (أى حوالى طن ونصف الطن إلى طنين من الثمار) فى الساعة تقوم الآلة بأخذ عينة دقيقة يبلغ قطرها ١.٧٥ مم من كل ثمرة، تقدر فيها نسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية آليًا، ثم تعيد العينة إلى مكانها فى الثمرة بطريقة لا يمكن معها ملاحظة مكانها وفى كل مرة تقوم الآلة بأخذ عينة من إحدى الثمار فإن جميع أجزاء الآلة التى تلامس تلك العينة يتم تنظيفها، وتطهيرها، وتجفيفها آليًا، بحيث يحافظ دائمًا على الثمار من أى تلوث محتمل من ثمار أخرى فى اللوط

وبمجرد تقدير الآلة لنسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية فى الثمرة فإنها توجهها إلى واحدة من ثلاث درجات، هى:

١– ثمار لا تصلح للتسويق، وهى التى تقل فيها نسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية عن ٨٪.

٢– ثمار تصلح للتسويق العادى، وهى التى تتراوح فيها نسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية بين ٨٪ و ١٠٪

٣– ثمار تصلح للتصدير، وهى التى تزيد فيها نسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية عن ١٠٪ ويمكن زيادة مستوى المواد الصلبة الذائبة الكلية الذى تقوم الآلة بفصل هذه الدرجة من الثمار عنده إلى ١١٪ أو ١٢٪.

وتوضع – عادة – على ثمار الدرجة الأخيرة ملصقات خاصة تدل على ضمان جودتها؛ الأمر الذى يمكن معه عرضها للبيع بأسعار أعلى عن أسعار بيع الثمر التى لم تخضع لهذا الاختبار

ويمكن لهذه الآلة — فضلاً عن تقدير محتوى كل ثمرة من المواد الصلبة الذائبة الكلية — حساب متوسط المحتوى فى لوط من الثمار، ومتوسط المحتوى فى كل الثمار فى كل يوم من أيام التشغيل.

## التعبئة والعبوات

تستعمل فى تعبئة ثمار طراز الجاليا كراتين تبلغ أبعادها ٤٠ × ٣٠ × ١٥سم وتتسع لنحو ٤–٩ ثمار حسب حجمها، ويتراوح محتواها الصافى من الثمار بين ٤ و ٥ كيلوجرامات لكل كرتونة. ويفضل أن يكون الوزن الصافى لكل كرتونة ٥ كجم، وأن تحتوى على ٥ أو ٦ ثمرات

أما ثمار شهد العسل فتستعمل — غالبًا — فى تعبئتها كراتين تبلغ أبعادها ٦٠ × ٤٠ × ١٥سم، وتتسع لـ ٥ ثمرات إلى ١٤ ثمرة حسب أحجامها، ويتراوح محتواها الصافى من الثمار بين ٩ كيلوجرامات و ١١ كيلوجرامًا لكل كرتونة، ويفضل أن يكون الوزن الصافى لكل كرتونة ١٤ كيلوجرامًا، وأن يحتوى على ٥ أو ٦ ثمرات.

ويجب أن تحتوى الكراتين على فتحات كثيرة من جوانبها تبلغ حوالى ٧٪–١٠٪ من سطحها الخارجى لتسمح بسرعة إجراء عملية التبريد الأوّلى وسهولة تبادل الغازات بين داخل الكرتونة وخارجها. ويجب أن تكون فتحات التهوية بعيدة عن أركان الكرتونة وحوافها؛ لكى لا تؤدى إلى فقد الكرتونة لمتانتها.

كما يجب أن تكون الكراتين قوية لكى لا تنهار قبل وصولها إلى المستورد، علمًا بأن الكراتين المعبأة تفقد خلال فترة شحنها وتخزينها فى رطوبة نسبية ٩٠٪ حوالى ثلث متانتها. وتفضل الكراتين ذات الدعامات فى جوانبها. ويجب أن تكون بعمق كافٍ لمنع استناد الكراتين العليا على الثمار التى توجد فى الكراتين الأسفل منها.

ولحماية الثمار من الاحتكاك مع بعضها البعض توضع فواصل كرتونية بينها، تعمل على الحد من حركتها واهتزازها، وتمنع تلامسها معًا. ويجب وضع هذه الفواصل بطريقة لا تمنع انسياب حركة الهواء البارد داخل الكرتونة

يجب أن تحتوى الكراتين على فتحات متقابلة فى قاعدتها وقمتها لزيادة كفاءة عملية التبريد التى تستمر فى الحاويات (الـ Containers)، وهى التى يكون مسار الهواء فيها من أسفل إلى أعلى bottom cold air delivery

وتفضل الأسواق المستوردة أن تكون الكراتين مفتوحة جزئيًا ليمكن رؤية الثمار من خلال الفتحات

يراعى عند التعبئة أن تكون ثمار كل كرتونة متجانسة فى الحجم، وفى درجة تلوينها، حتى لا يصبح بعضها زائد النضج فى محطة الوصول

يوضح على الجانب الصغير للكرتونة المعلومات الخاصة بالشحنة، مثل الصنف، والوزن، وعدد الثمار، وحجمها، واسم الدولة المصدرة، واسم المنتج أو المصدِّر، والظروف المناسبة التى يوصى بها لتخزين المنتج أما الجانب الكبير للكرتونة فيخصص للإعلان على المُنتَج المصدر

يجب رص الصناديق الكرتونية فى بالتات لحمايتها من التلف، ولكى تكون مستقرة فى موضعها أثناء الشحن وتثبت فى أركان كل بالتة زوايا معدنية، أو خشبية، ثم تربط الزوايا مع البالتة بالأشرطة البلاستيكية المقواة. ويجب عدم تغليف البالتة بالبلاستيك أو بالشباك البلاستيكية لأن بعض الدول تفرض رسومًا على هذه الشحنات بغرض التخلص من البلاستيك ومنع تلويثه للبيئة.

## التبريد الأوّلى

تجرى عملية التبريد الأوّلى إما بالماء المثلج hydrocooling، وإما بطريقة الدفع الجبرى للهواء Forced Air Cooling وفى كلتا الطريقتين يجب أن تنخفض حرارة لُب الثمار إلى ١٠°م، والأفضل وصولها فى القاوون الشبكى إلى ٥°م ويراعى الانتهاء من تبريد الثمار إلى ١٤°م فى خلال ٤ ساعات – على الأكثر – من حصادها، مع الاستمرار فى عملية التبريد الأولى – بعد ذلك – حتى وصول الثمار إلى الدرجة المطلوبة

يضاف إلى الماء المثلج المستعمل فى التبريد الكلور على صورة هيبوكلوريت صوديوم أو هيبوكلوريت كالسيوم بتركيز ١٥٠ جزءًا فى المليون من الكلور للتخلص من البكتيريا السطحية التى تلوث الثمار، ولتجنب انتقال تلك البكتيريا من الثمار المصابة بها إلى الثمار السليمة. ويستعمل كمصدر للكلور محاليل التبييض التجارية (مثل الكلوراكس)، وهى تحتوى على هيبوكلوريت صوديوم أو كالسيوم بنسبة ٥,٢٪.

يستعمل الماء المثلج فى تبريد الثمار المتقدمة فى النضج بالفعل، وخاصة من القاوون الشبكى، أما فى شهد العسل فإن التبريد بطريقة الدفع الجبرى للهواء يكفى فى جميع الحالات. وتستغرق عملية التبريد الأوّلى — عادة — حوالى ساعة عند التبريد بالماء المثلج، وحوالى ٤ ساعات عند التبريد بطريقة الدفع الجبرى للهواء، وبالمقارنة .. فإنه يلزم — عادة — ٢٤ ساعة لخفض حرارة الثمار — إلى الدرجة المرغوب فيها عند تركها فى الغرف المبردة.

وإذا كانت ثمار الكنتالوب فى مرحلة النضج الكامل عند حصادها فإنها يجب أن تبرد سريعًا بأى من طريقتى الدفع الجبرى للهواء أو الماء المثلج. ويكون التبريد سريعًا باستعمال الماء المثلج حيث لا يستغرق أكثر من ٢٠ دقيقة لخفض حرارة مركز الثمرة من ٣٥°م إلى ١٥°م، علمًا بأن الفترة تزداد مع الثمار الكبيرة الحجم (Lester & Shellie ٢٠٠٤).

وإذا كانت ثمار الهنى الديو غير ناضجة فإنها تبرد أوليًا بطريقة الدفع الجبرى للهواء، أو تترك لتبرد فى المخازن المبردة، لكن سرعة التبريد ليست أمرًا حتميًا فى حالة تلك الثمار. وفى كل الأحوال .. يجب أن تكون الثمار باردة قبل تحميلها فى الحاويات هذا .. إلا أن التبريد يجب ألا يصل إلى حدود معينة، وإلاّ أصيبت الثمار بأضرار البرودة، كما سيأتى بيانه تحت موضوع التخزين.

ويلزم تجفيف الثمار جيدًا عند إجراء التبريد الأوّلى بطريقة الماء المثلج، وخاصة فى الأصناف الشبكية التى تحتفظ أنسجتها الشبكية الفلينية بالرطوبة عند غمرها فى الماء.

وتفقد الثمار أثناء تبريدها أوليًا بطريقة الدفع الجبرى للهواء جزءًا صغيرًا من وزنها خلال عملية التبريد

ويعطى Tator & Elansari (١٩٩٨) جداول مفصلة توضح سعة التبريد Refrigeration Capacity التى تلزم لخفض حرارة القاوون إلى ٢، أو ٥، أو ١٠°م بواسطة الهواء البارد المدفوع جبريًا، خلال فترة تبريد تتراوح بين ساعتين، وأربع ساعات، عندما تتراوح درجة حرارة الثمار الابتدائية بين ٢٠، و ٣٥°م، وكذلك سعة التبريد التى تلزم لخفض حرارة الثمار إلى نصف حرارتها الابتدائية باستعمال الماء المثلج خلال فترة تبريد قدرها ٢٠، أو ٣٠ دقيقة

## فسيولوجيا القاوون بعد الحصاد

### التنفس وإنتاج الإثيلين

يزداد معدل تنفس ثمار القاوون بارتفاع درجة حرارة التخزين، كما يلى:

| الحرارة (°م) | معدل التنفس (مجم $CO_2$/كجم/ساعة) فى طراز | |
|---|---|---|
| | القاوون الشبكى | شهد العسل |
| صفر (لا يوصى بها) | ٢–٣ | — |
| ٥ | ٤–٥ | ٣–٥ |
| ١٠ | ٧–٨ | ٧–٩ |
| ١٥ | ١٧–٢٠ | ١٢–١٦ |
| ٢٠ | ٢٣–٣٣ | ٢٠–٢٧ |
| ٢٥ | ٦٥–٧١ | ٢٠–٣٥ |

ولحساب كمية الحرارة المنطلقة من الثمار بالتنفس يضرب معدل إنتاج $CO_2$/كجم فى الساعة فى ٤٤٠ للحصول على كمية الطاقة بالوحدات الحرارية البريطانية (Btu/طن/يوم، أو فى ١٢٢ للحصول على كمية الطاقة بالكيلو كالورى/طن مترى فى اليوم (Suslow وآخرون ١٩٩٨أ، و ١٩٩٨ب)

ويتراوح إنتاج ثمار القاوون الشبكى من الإثيلين بين ٧ و ١٠ ميكروليتر/كجم فى الساعة فى حرارة ٥ ْم، وما بين ٤٠ و ٨٠ ميكروليتر/كجم فى الساعة فى حرارة ٢٠ ْم. أما شهد العسل فيكون إنتاج ثماره من الإثيلين فى حرارة ٢٠ ْم ٠,٨، و ٥,٢، و ٢٧.١، و ٢٩,٤ ميكروليتر/كجم فى الساعة فى مراحل. اكتمال التكوين، وبداية النضج، والنضج، وزيادة النضج، على التوالى.

ويؤدى تعرض ثمار القاوون الشبكى إلى مصدر خارجى للإثيلين إلى سرعة نضجها وطراوة أنسجتها.

ويتباين إنتاج ثمار الهنى ديو من الإثيلين (بالميكروليتر/كجم فى الساعة) حسبما إذا كانت الثمار كاملة، أم مجهزة للمستهلك، وحسب فئة اكتمال التكوين، كما يلى (عن Suslow وآخرين ٢٠٠٧).

| الثمار | فئة اكتمال التكوين | معدل إنتاج الإثيلين | الحرارة ( ْم) |
|---|---|---|---|
| الكاملة | مكتملة التكوين وغير ناضجة | ٠,٥–١٠ | ٢٠ |
| | مكتملة التكوين وتنضج | ١,٠–٧,٥ | ٢٠ |
| | ناضجة | ٧,٥–١٠ | ٢٠ |
| المجهزة للمستهلك | مكتملة التكوين وتنضج | ١٤–١٧ | ٥ |
| | ناضجة | ٢١–٢٥ | ٥ |

## الكلايمكترك والتغيرات المصاحبة للشيخوخة

يحدث كلايمكترك تنفسى فى ثمار القاوون الشبكى عند بلوغها مرحلة النضج، أو قبل ذلك بقليل، بينما قد يستمر الكلايمكترك لعدة أيام فى ثمار القاوون الأملس، أو قد لا يحدث فيها أى كلايمكترك. ويرتبط الكلايمكترك التنفسى بتمثيل الإثيلين.

وقد أظهرت ثمار الصنف Galia 5 ارتفاعًا فى مستوى الإثيلين بين اليوم الثامن والثلاثين واليوم الأربعين من تفتح الزهرة، وتوافق ذلك مع ظهور اصفرار سريع فى جلد الثمرة وقد تناقصت صلابة الثمرة أثناء تكوينها ووصل محتوى الثمار من المواد الصلبة

الذائبة الكلية في الصنف Galia 5 إلى ٨٪ بعد ٣٢ يومًا من تفتح الزهرة، وإلى ١٠٪ بعد ٣٧–٣٩ يومًا من تفتح الزهرة، بينما حدث ذلك في الصنف دورال Doral – وهو من طراز جاليا كذلك – بعد ٣٠–٣٢ يومًا، و ٣٦–٣٧ يومًا على التوالي (Moelich وآخرون ١٩٩٦)

وتنتج ثمار الكنتالوب الشبكي – وهي كلايمكتيرية – حوالي ١٠ إلى ١٠٠ ميكروليتر من الإثيلين لكل كيلوجرام في الساعة من اليوم الرابع السابق لبدء انفصال العنق إلى اليوم العاشر بعد الحصاد. ويؤدي تعرض الثمار للإثيلين بعد الحصاد من مصادر خارجية إلى تقصير فترة الصلاحية للتخزين؛ وقد تصبح زائدة النضج، ويجب تجنب حدوث ذلك. هذا علمًا بأن معاملة الثمار غير المكتملة التكوين – بعد حصادها – بالإثيلين لا يؤثر في نضجها، ولا في تدهور خصائصها بعد الحصاد (Shellie & Lester ٢٠٠٤، و Suslow وآخرون ٢٠٠٧)

ويبدأ الكلايمكتريك في طراز الشارانتيه والأوجن قبل اكتمال النضج المناسب للحصاد بوقت طويل؛ الأمر الذي يفسر السبب في ضعف القدرة التخزينية لهذه الثمار في درجات الحرارة العادية

وبينما يظهر الكلايكتيريك التنفسي وكلايمكتيريك إنتاج الإثيلين بوضوح في ثمار الكنتالوب التي تكمل نضجها بعد الحصاد، فإن معدل تنفسها يبقى ثابتًا تقريبًا إذا ما تركت لتنضج وهي متصلة بالنبات. وبينما يرتفع معدل إنتاج الثمار للإثيلين حال نضجها وهي متصلة بالنبات، فإن الزيادة في معدل تنفسها تكون أقل من نظيراتها التي تنضج بعد الحصاد. ويبدو أن بقاء الثمرة متصلة بالنبات يثبط تأثيرات الإثيلين على تنفسها (Bower وآخرون ٢٠٠٢)

ويستدل من الدراسات التي أجريت على كل من أصناف الكنتالوب الكلايمكتيرك وغير الكلايمكتيرك أن كثيرًا من مسارات النضج ينظمها الإثيلين (مثل تمثيل المركبات المتطايرة المسئولة عن النكهة، والكلايمكتيريك التنفسي، وفقد جلد الثمرة للونه

الأخضر)، بينما لا يتحكم الإثيلين فى مسارات أخرى (مثل بدء الكلايمكتيريك، وتراكم السكر، وفقد الحموضة، وتلون لُب الثمرة) أما فقدان اللُب لصلابته فإنه يتضمن خطوات تتأثر بالإثيلين وأخرى مستقلة عنه، وهو يرتبط بالجينات التى تتحكم فى تحلل الجدر الخلوية (Peach وآخرون ٢٠٠٨)

ويبدو مما يتجمع سنويًا من دراسات عديدة ومتنوعة على خطوات ومسارات النضج فى ثمار الكنتالوب أنه ربما يصبح — عما قريب — "موديل" نباتى — مثله فى ذلك مثل الـ Arabidopsis والطماطم — وذلك فيما يتعلق بنضج الثمار (Ezura & Owino ٢٠٠٨)

وتتباين ثمار أصناف القاوون كثيرًا فى مدى تبكيرها فى زيادة نشاط إنزيم ACC oxidase الذى يلزم لتمثيل الإثيلين، وقد وجد — على سبيل المثال — أن الصنف سيريو Sirio كان أكثرها تأخرًا فى ظهور نشاط هذا الإنزيم، مقارنة بستة أصناف أخرى، ووجد ارتباط بين التأخر فى ظهور نشاط الإنزيم والتأخر فى فقد الثمار لصلابتها أثناء نضجها (Aggelis وآخرون ١٩٩٧).

وتتميز بعض أصناف الكنتالوب (مثل Nicolás) بأن ثمارها غير كلايمكتيرية، وتلك تختلف اختلافًا بيِّنًا فى بروفيل المركبات العطرية التى تنتجها مقارنة ببروفيل المركبات العطرية التى تنتجها ثمار الأصناف الكلايمكتيرية (Obando-Ulloa وآخرون ٢٠٠٨).

وترجع الرائحة القوية لثمار الشارانتيه إلى ما تنتجه من إسترات أليفاتية ومتفرعة (عن Flores وآخرين ٢٠٠٢).

هذا وتحدث أكثر التغيرات فى ثمار شهد العسل قبل اليوم الأربعين من تفتح الزهرة. وقد عُرِّف اكتمال تكوين الثمار بحدوث تغيرات رئيسية فى مكونات الثمرة المسئولة عن الجودة، وهى الجلوكوز، والفراكتوز، والسكروز، والمحتوى الرطوبى، والصلابة، والكتلة، والحجم، ونشاط إنزيم $H^+$-ATPase الخاص بالغشاء البلازمى فى نسيج تحت البشرة والميزوكارب (وهو لُب الثمرة). ويحدث النضج قبل اليوم الخمسين من تفتح الزهرة، ويتحدد بحدوث تغيرات إضافية فى الصفات التى أسلفنا بيانها،

وبانفصال الثمرة فى اليوم الخمسين من تفتح الزهرة وتبدأ شيخوخة الثمرة بنقص فى كل مكونات الجودة تقريبًا، ونشاط الإنزيم $H^+$-ATPase، والمحتوى البروتينى، وزيادة كبيرة فى نسبة الاستيرولات الحرة الكلية إلى الفسفوليبيدات، وفى نشاط إنزيم lipoxygenase فى نسيجى تحت البشرة والميزوكارب (Lester ١٩٩٨)

## التغيرات الأيضية فى الكنتالوب المحول وراثيًا بهدف زيادة قدرة الثمار التخزينية

تُحصد ثمار الشارانتيه الملساء قبل نضجها، ولكنها تصبح زائدة النضج فى خلال أيام قليلة، ويظهر ذلك على صورة طراوة زائدة واكتساب القشرة للون برتقالى ضارب للصفرة، وتدهور فى الطعم، وانخفاض فى محتوى السكر، وزيادة فى قابلية الإصابة بالأعفان وقد أنتجت أصناف من هذا الطراز – محولة وراثيًا – ذات قدرة عالية على التخزين، ولكنها غير مرغوب فيها تسويقيًا لافتقادها إلى نكهة الشارانتيه. وعلى الرغم من ذلك فإن صفة القدرة التخزينية العالية تعد ضرورية لأن ثمار الشارانتيه لا تخزن أو تشحن فى حرارة تقل كثيرًا عن ١٠–١٢°م (الحرارة التى تسود فى حالات الشحن الجوى)؛ بسبب حساسيتها الشديدة لأضرار البرودة؛ وبذا لا يمكن اللجوء إلى الشحن البحرى دون توفر صفة القدرة التخزينية العالية (عن Rodov وآخرين ٢٠٠٢).

وقد أمكن تحقيق ذلك، وإنتاج كنتالوب ذات ثمار غير حساسة لأضرار البرودة بعد أن تمكن Ayub وآخرون (١٩٩٦) من إنتاج نباتات شارنتيه محولة وراثيًا تحتوى على المضاد الكودى antisense للجين ACC oxidase، وهو الجين المسئول عن تكوين المركب ACC (وهو 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid)، الذى يتحول إنزيميًا – مباشرة – إلى إثيلين وقد كان إنتاج ثمار هذه النباتات المحولة وراثيًا – من الإثيلين – أقل من ١٪ من إنتاج النباتات العادية، وتوقف نضجها سواء أكانت على النبات، أم بعد قطفها، ولكن أمكن إلغاء تأثير هذا التحول الوراثى بمعاملة الثمار بمصدر خارجى من غاز الإثيلين بتركيز ٥٠ جزءًا فى المليون وقد أمكن تخزين الثمار المحولة وراثيًا

لفترة طويلة، ثم معاملتها بالإثيلين — لإنضاجها — قبل عرضها للاستهلاك بفترة وجيزة.

ولا تحدث فى الثمار المحولة وراثيًا تغيرات جوهرية — مقارنة بالثمار العادية — فيما يتعلق باللونين الخارجى والداخلى وتتراكم المواد الصلبة الذائبة الكلية بمعدل واحد فى كل من الثمار المحولة وراثيًا والثمار غير المحولة حتى اليوم الثامن والثلاثين بعد التلقيح، حينما تنفصل الثمار غير المحولة وراثيًا عن أعناقها وبالمقارنة فإن الثمار المحولة وراثيًا — التى لا تنتج الإثيلين — لا يتكون طبقة انفصال فى أعناقها، وتبقى متصلة بالنبات؛ ومن ثم يتراكم فيها كميات أكبر من السكريات، وخاصة السكروز ولكن يؤدى تأخير حصاد الثمار المحولة وراثيًا إلى إنتاجها لكميات صغيرة — ولكن جوهرية — من الإثيلين، ويكون ذلك مُصاحبًا بليونة فى لُب الثمرة (Guis وآخرون ١٩٩٧).

وتحدث فى هذه الثمار المحولة وراثيًا عدة تغيرات أيضية أخرى، حيث يُثبط تحلل الكلوروفيل فى قشرة الثمرة كليًا، ويتأخر كثيرًا تدهور الأغشية الخلوية بها، ويبقى مستوى البولى أمينات وحامض الأبسيسيك فيها أعلى مما فى الثمار غير المحولة وراثيًا (Flores وآخرون ١٩٩٨).

## معاملات خاصة يُعطاها الكنتالوب قبل التخزين والشحن

### المعاملة بالماء الساخن

تعامل ثمار الكنتالوب بالماء الساخن؛ بهدف قتل الفطريات السطحية التى يمكن أن تؤدى إلى تعفن الثمار أثناء التخزين والشحن. وأفضل حرارة للمعاملة هى ٥٤°م لمدة دقيقتين، أو ٥٥°م لدة ٣٠–٦٠ ثانية، أو ٥٦°م لدة ٢٠ ثانية، أو ٦٠°م لمدة ١٢ ثانية فقط. وتعد ٦٠°م هى الحد الأقصى الحرارى الذى يمكن أن تتحمله ثمار القاوون الشبكى — مثل الجاليا والكنتالوب الأمريكى — عند معاملة الثمار بالماء الساخن غمرًا، أو رشًا

وإلى جانب التأثير المباشر للماء الساخن على قتل الفطريات التي تلوث السطح الخارجي للثمار والتي تسرع بتعفنها أثناء الشحن والتخزين، فإن المعاملة تتضمن غالبا – كذلك – أحد المطهرات الفطرية التي تضاف إلى الماء الساخن يزيد الماء من فاعلية المبيد لأن الحرارة العالية تؤدي إلى تفتح المسام في جلد الثمرة الخارجي، وبذا يزداد امتصاصه للمبيد

ويمكن أن تجرى المعاملة بغمر الثمار في أحواض ممتلئة بالماء الساخن أو بمرور الثمار على رذاذ من الماء الساخن، مثلما يحدث عند إجراء التبريد الأوّلي بالرش بالماء البارد

ومن الأهمية بمكان سرعة تبريد الثمار أوليًّا بمجرد انتهاء معاملتها بالماء الساخن

وقد أدى غمر ثمار الجاليا في الماء الساخن على حرارة ٥٢°م لمدة دقيقتين إلى حمايتها من الإصابة بالأعفان لمدة ٨ أيام على حرارة ٢٠°م ولم يحقق تسخين الثمار في الأفران إلى حين بلوغ حرارتها السطحية ٥٢°م حماية مماثلة ضد الأعفان

وأدى تغليف الثمار بأغشية البولي فينيل كلوريد PVC بسمك ١٢ ميكرون إلى منع فقد الثمار لرطوبتها، ولكنها أدت إلى زيادة الأعفان في الثمار غير المعاملة بالماء الساخن

ولم تكن لمعاملة الغمر في الماء الساخن أية تأثيرات على محتوى الثمار من المواد الصلبة الذائبة الكلية، أو صلابتها، أو على إنتاجها من غاز الإثيلين وثاني أكسيد الكربون (Teitel وآخرون ١٩٨٩)

وقد تجرى المعاملة بتمرير الثمار وهي في صناديق بلاستيكية (عبوات الحقل) على ماء ساخن تبلغ حرارته ٥٦°م لمدة ٢٠ ثانية، مع إضافة أحد المبيدات الفطرية المسموح باستعمالها ليزيد من كفاءة عملية التخلص من الفطريات المسببة للعفن ويمكن أن يُستعمل لأجل ذلك المبيد ثيابندازول Thiabendazole (اختصارا TBZ)، وهو يتوفر تجاريًّا كمبيد سائل تحت اسم تكتو Tecto، ويستعمل بتركيز ١٥٠٠٪، مع إضافة مادة ناشرة بمعدل ٣٠جم/١٠٠ لتر ماء

وتفيد إضافة شمع الكارنوبا Carnauba في محلول التطهير بمعدل ٦٠٠جم/١٠٠ لتر ماء، حيث يُحسِّن ذلك من مظهر الثمار، ويقلل فقدها للماء (Protrade ١٩٩٥).

كذلك يفيد غسيل ثمار الجاليا بالماء الساخن على ٥٩ ± ١°م لمدة ١٥ ثانية، مع تفريشها في آن واحد في المحافظة على جودتها طوال فترة شحنها بحريًا، مقارنة بالثمار التي لا تعطى هذه المعاملة وقد أظهرت الدراسة أن تلك المعاملة أحدثت خفضًا قدره ٣ لو log 3 في أعداد عشائر الكائنات الدقيقة التي تلوث الجلد سطحيًا، وكان ذلك مصاحبًا بإزالة للأتربة والجراثيم الفطرية من على سطح الثمرة، مع غلق جزئي أو كلي للفتحات الطبيعية بطبقة البشرة هذا وتجرى هذه المعاملة آليًا بمعدل ٣ أطنان من الثمار في الساعة (Fallik وآخرون ٢٠٠٠).

وقد دُرس تأثير شطف وتفريش ثمار الكنتالوب بالماء الحار مع المعاملة بالكلورين على العدّ الميكروبي خارجيًا على قشرة الثمرة وداخليًا باللب عند تجهيزها fresh-cut لاستعمال المستهلك. غسلت الثمار وفرّشت على ٢٠ أو ٥٨ (المعاملات التجارية)، أو ٧٥°م لمدة ٢٠ ثانية، أو نقعت في محلول كلورين بتركيز ١٥٠ جزء في المليون لمدة خمس دقائق مع تفريشها يدويًا بعد ذلك وأعقب ذلك إما ترك الثمار كما هي، وإما تقشيرها وتقطيعها إلى أجزاء وتخزينها على ٨ أو ١٧°م لمدة أربعة أيام، أو على ٥°م لمدة ١٣ يومًا وجد بعد أربعة أيام على ٨°م أن أعداد *E. coli* على الكنتالوب المقطع المحضر من الثمار غير المعاملة كان ٤ × ١٠^٣ وحدة مكونة للمستعمرات لكل ملليمتر من قطع الثمار، بينما لم يمكن العثور على أي *E. coli* على القطع التي جهزت من ثمار غسلت وفرشت على ٧٥°م لمدة ٢٠ ثانية، أما تلك التي جهزت من ثمار عوملت بالغسيل والتفريش على ٢٠ أو ٥٨°م فكانت ٦، و < ٣ وحدة مكونة للمستعمرات لكل ملليمتر من قطع الثمار، على التوالي. كما لم يعثر على أي *E. coli* من قطع الثمار التي عوملت بالكلورين بتركيز ١٥٠ جزء في المليون لمدة خمس دقائق مع التفريش وبينما أتلفت معاملة الماء الساخن على ٧٥°م لمدة ٢٠ ثانية قشرة ثمار الكنتالوب التي خزنت دونما تقطيع، فإن تلك المعاملة لم يكن لها تأثير على

طعم ونكهة ولون وصلابة لب الثمار التي جهزت منها كمنتج fresh-cut (Fallık وآخرون ٢٠٠٧)

وبينما تقضي المعاملة بالماء الساخن (على ٨٥°م لمدة ٣ دقائق) على الأطوار الخضرية من مسببات الأمراض (سواء أكانت تلك التي يمكن أن تسبب أعفانًا في المخازن، أم تلك التي يمكن أن تصيب الإنسان)، فإن تلك المعاملة ليست كفيلة بالقضاء على الأطوار الساكنة (الجرثومية) من البكتيريا التي يمكن أن تتواجد على أسطح ثمار الكنتالوب الشبكي، مثل جراثيم البكتيريا *Bacillus atrophaeus* هذا ولم تكن لمعاملة الكنتالوب الشبكي بالماء الساخن على ٨٥°م لمدة ٣ دقائق أية أضرار للحرارة خلال فترة أسبوعين من التخزين على ٥°م بعد المعاملة (Mahovıc وآخرون ٢٠٠٨).

## المعاملة بالمبيدات الفطرية والتشميع

أدت معاملة ثمار الكنتالوب الأمريكي بأي من المبيدات الفطرية فينابانيل Denapanıl، أو إيمازاليل Imazalil أو بروكلوراز Prochloraz إلى مكافحة أعفان الثمار عفن فيوزاريم، وعفن رايزوبس الطري، وعفن جيوتريكم Geotrıchum Rot (Wade & Morris ١٩٨٣).

كذلك أفاد غمر ثمار الكنتالوب الأمريكي في محلول من sodıumdımethyldithıocarbamate (SDDC) بتركيز ٤٠٠٠ جزء في المليون لمدة ٣٠ ثانية في تقليل أعفان الثمرة والجلد (التي يسببها فطرى الفيوزاريم والدايابورثي Dıaporthe، وفطريات أخرى لم تُعرف) جوهريًا، وازدادت فاعلية المعاملة عندما كانت حرارة معلق المبيد الذي غمرت فيه الثمار ٥٧°م. كما كان للمبيد تأثير مماثل على طراز الجاليا عندما أضيف إلى الشمع تاج ١٦ Tag 16 الذي عوملت به الثمار (عن Salunkhe & Desaı ١٩٨٤).

كما وجد Aharonı وآخرون (١٩٩٢) أن غمس ثمار الجاليا أو رشها بالإيمازاليل (allyl-1,2,4-chlorophenyl-2-ımıdazol-1-yelethylether) بتركيز ٢٥٠ جزءًا في

المليون من المادة الفعالة، ثم تشميعها كان له نفس كفاءة التشميع بالشموع المخلوطة بالإيمازاليل بتركيز ٢٠٠٠ جزء في المليون في مكافحة الأعفان وتقليل الفقد الرطوبي. ولكنها لم تترك سوى ٠,٥ جزءً في المليون من متبقيات المبيد على الثمار، مقارنة بنحو ٣–٥ أجزاء في المليون عن المعاملة بالمبيد في الشمع. كذلك وجد أن الجرعات المؤثرة في مكافحة أعفان الثمار من المبيدين اسبورتاك Sportak (يحتوى على بروكلوراز prochloraz)، و Opp (يحتوى على orthophenyl phenol) تقل كثيرًا عند استعمالها في الماء بدلاً من خلطهما بالشمع.

كما أدت معاملة ثمار شهد العسل بالشمع ستروسيل Citrusel المخفف بالماء بنسبة ٥٠٪ حجما بحجم إلى تقليل الفقد في الوزن بعد ٦ أسابيع من التخزين على حرارة ٣ أو ٦°م، كما قللت المعاملة أضرار البرودة على حرارة ٣°م، مقارنة بعدم التشميع. هذا إلا أن المعاملة لم تؤثر على إصابة الثمار بالأعفان، والتي كانت غالبيتها بسبب الإصابة بفطرى الألترناريا، والفيوزاريم (Edwards & Blennerhassett ١٩٩٤).

كذلك أدى تشميع ثمار الجاليا بشمع يحتوى على ٢٠٠ جزء في المليون من الإيمازاليل Imazalil إلى حمايتها من الإصابة بالأعفان، وخاصة تلك التي يسببها الفطرين *Alternaria alternata*، و *Fusarium* spp.، كما يعمل الشمع ذاته على تقليل الفقد الرطوبي من الثمار وتكون متبقيات المبيد في الثمار المعاملة بهذه الطريقة حوالى ٣–٥ أجزاء في المليون من الإيمازاليل، بينما يزيد الحد المسموح به في بعض الدول الأوروبية عن ٠,٥ جزءًا في المليون.

وكبديل للمعاملة السابقة وجد Aharoni & Copel (١٩٩٥) أن استعمال مخلوط من الروفرال Rovral (يحتوى على إبروديون iprodione)، و TBZ (يحتوى على ثيابندازول thiabendazole) — كل بتركيز ١٠٠٠ جزء في المليون — في الشمع — كان أكثر كفاءة من الإيمازاليل

وأدى تشميع ثمار الجاليا بشمع يحتوى على بيكربونات الصوديوم بتركيز ٢٪ إلى

خفض الإصابة بالأعفان (بعد التخزين على حرارة ٣°م لمدة ١٤ يومًا ثم على حرارة ٢٠ °م لمدة ٤ أيام) إلى النسبة المقبولة تجاريًا وهى ٦٪–٧٪، مقارنة بالثمار غير المعاملة التى زادت فيها نسبة الأعفان بمقدار ٤–٧ أمثال كذلك حافظت المعاملة على مظهر الثمار الجيد هذا بينما أدت زيادة تركيز بيكربونات الصوديوم إلى ٣٪ إلى الإضرار بمظهر الثمار وقد اقترح أن تكون هذه المعاملة بديلاً عن معاملة استعمال الإيمازاليل مع الشمع التى تترك متبقيات غير مسموح بها من المبيد

وتجدر الإشارة إلى أن تركيز بيكربونات الصوديوم الذى يثبط نمو الفطريات المسببة للأعفان فى البيئات الصناعية كان ٠.٣٪ بالنسبة للفطر *Alternaria alternata*، و ٠.٨٥٪ للفطر *Fusarium* spp، و ١,٣٥ للفطر *Rhizopus stolonifer* (Aharoni وآخرون ١٩٩٧)

ويمكن المحافظة على جودة ثمار الكنتالوب الجاليا بتشميعها بشموع لا تحتوى على shellac (مثل شمع نحل العسل) أو تحتوى على كميات قليلة منه (مثل الشمع البوليثيلينى Tag). علمًا بأن شمع نحل العسل يحافظ على أفضل نكهة، ولكن الثمار المعاملة تفقد صلابتها وتكون أكثر عرضة للإصابة بالأعفان، بينما تحتفظ الثمار المعاملة بال Tag بكل مظاهر الجودة (Fallik وآخرون ٢٠٠٥).

## المعاملة بأملاح الكالسيوم والمغنيسيوم والسيليكون

تمت معاملة ثمار الكنتالوب (الأمريكى الشبكى muskmelon، وشهد العسل الأملس) التامة النضج لمدة ٢٠ دقيقة على ٢٥ ± ٣°م فى محاليل تحتوى على كالسيوم مخلبى أو مغنيسيوم مخلبى أو مخلوط منهما قبل تخزينها لمدة ١٠ أو ٢٤ يومًا على ٤°م للكنتالوب الشبكى، و ١٠°م لشهد العسل أدت معاملة ثمار شهد العسل فى أى من محلولى الكالسيوم المخلبى أو الكالسيوم + المغنيسيوم المخلبى، وثمار الكنتالوب الشبكى التى عوملت بمحلول الكالسيوم + المغنيسيوم المخلبى قبل تخزينها لمدة ١٠ أيام إلى زيادة تركيز الكالسيوم فى خلايا النسيج الوسطى تحت البشرة بما لا يقل عن ٦ مجم/جم (وزن جاف) من الكالسيوم وقد ساعد ذلك فى المحافظة على سلامة الأغشية الخلوية،

وصلابة الثمار، وإلى زيادة فترة صلاحية الثمار للتخزين ٢,٤ ضعفًا (أى حتى ٢٤ يومًا). ولقد كانت النتائج مع شهد العسل أكثر وضوحًا بما كان عليه الحال مع الكنتالوب الشبكى، والتى بدا أن الشبك السطحى فيها يعوق نفاذ الكالسيوم إلى نسيج الميزوفيل (Lester & Grusak ١٩٩٩).

ووجد أن معاملة الكنتالوب بسيليكات الصوديوم بتركيز ١٠٠ مللى مول قبل عدوى الثمار بالفطر *Thichothecium roseum* أكسبتها مقاومة ضد الإصابة بالفطر، وكان ذلك مرتبطًا بزيادة فى نشاط عائلتين من الإنزيمات جراء المعاملة، هما البيروكسيديز، والشيتينيز (Bi وآخرون ٢٠٠٦).

## المعاملة بمستحثات المقاومة الطبيعية

أحدثت معاملة ثمار الكنتالوب — بعد الحصاد — بالغمر فى محلول للمركب Harpin بتركيز قدره ٩٠ جزءًا فى المليون خفضًا جوهريًا فى الإصابة بالأعفان التى تسببها فطريات *Alternaria alternata*، و *Fusarium semitectum*، و *Thichothecium roseum*. وقد وجد أن المركب لم يكن له تأثير على تلك الفطريات فى البيئات الصناعية، بما يفيد حثه للمقاومة فى أنسجة الثمار (Yang وآخرون ٢٠٠٧).

## المعاملة بالـ 1-MCP

كانت المعاملة المثلى بالـ 1-methylcyclopropene (اختصارًا: 1-MCP) لتثبيط نضج ثمار الجاليا (صنف Trooper) هى بتركيز ٣٠٠ نانوليتر/لتر لمدة ٢٤ ساعة على ٢٠°م، حيث أدت إلى تأخير التلوين، والمحافظة على الصلابة، وتقليل الفقد فى الوزن. كذلك قللت هذه المعاملة جوهريًا من أضرار البرودة (على ٥°م)، والإصابة بالأعفان مقارنة بما حدث فى الثمار التى لم تُعامل وتلك التى عوملت بتركيز ١٥٠ نانوليتر/لتر. هذا إلا أن معاملة الـ 1-MCP لم تثبط تقدم الشيخوخة فى الثمار التى قطفت فى مرحلة اللون الأصفر. وعندما كان حصاد الثمار المكتملة التكوين وهى مازالت خضراء فإن المعاملة بتركيز ٤٥٠ نانوليتر/لتر أبطأت معدل النضج بعد الحصاد جوهريًا، مما جعل الثمار غير

مقبولة من حيث اللون والصلابة وقد أدت معاملة الـ 1-MCP للثمار التى حصدت فى مرحلة اكتمال التكوين وهى بلون أخضر ضارب إلى الصفرة إلى تأخير بداية الكلايمكتيرك التنفسى وإنتاج الإثيلين بمقدار ٨–٩ أيام (Gal وآخرون ٢٠٠٦).

وقد دُرس تأثير معاملة ثمار الكنتالوب الأمريكى (الـ muskmelon) بالـ 1-MCP بتركيز ميكروليتر واحد/لتر لمدة ١٨ ساعة على ٢٠ْم، وذلك وهى فى مراحل مختلفة من النضج عند الحصاد أدت معاملة الثمار قبل بدء نضجها – وقبل تخزينها على ١٥ْم – إلى تثبيط ليونة الثمار مقارنة بما حدث فى ثمار الكنترول التى لم تعامل بالمركب وحتى ٢١ يومًا من التخزين كانت صلابة الثمار المعاملة مازالت عند الحد الأعلى للمدى المقبول للصلابة، إذا كانت ٧٠ نيوتن N، بينما المدى المقبول يتراوح بين ٥٠، و ٧٥ نيوتن وقد أظهرت الثمار التى عوملت بالـ 1-MCP انخفاضًا معنويًا فى كل من إنتاج الإثيلين، ومعدل التنفس، والتسرب الأيونى طوال فترة التخزين وقد أحدثت المعاملة والثمار فى مرحلتى نصف الانفصال والانفصال الكامل تأثيرات مماثلة، حيث ثبطت ليونة الثمار خلال فترة تخزين استمرت لعشرة أيام على ١٥ْم (Jeong وآخرون ٢٠٠٧).

كذلك دُرس تأثير معاملة ثمار الكنتالوب بالـ 1-MCP بتركيز حجم واحد فى المليون لمدة ٢٤ ساعة على ٢٠ْم قبل تخزينها على ٥ْم، ثم جهزت من الثمار المعاملة مكعبات للمستهلك fresh-cut وخزنت لمدة ١٢ يومًا على ٥ْم. وقد أدت معاملة الثمار الكاملة بالـ 1-MCP إلى محافظتها على صلابتها أثناء التخزين وعدم تطويرها لأنسجة مائية المظهر كما حدث فى ثمار الكنترول، والتى ظهرت بها تلك المناطق – وخاصة عند الطرف الزهرى – حال تخزينها على ٥ْم هذا إلا أن تلك التأثيرات الإيجابية للمعاملة لم تكن ثابتة فى كل الأصناف المختبرة، كما لم تؤثر المعاملة لا على لون اللحم أو محتواه من المواد الصلبة فى أى من الثمار الكاملة أو فى المكعبات المجهزة للمستهلك منها (Jeong وآخرون ٢٠٠٨).

## معاملة ثمار الكنتالوب الأمريكى بمنظم النمو CPTA

يؤدى غمس ثمار القاوون الشبكى – وهى فى مرحلة نصف الانفصال، أو الانفصال

الكامل فى محلول CPTA (أو 2-4-chlorophylthiotriethylamide hydroxide) بتركيز ٥٠٠ أو ١٠٠٠ جزء فى المليون — إلى زيادة اللون الوردى بالثمار ويعتقد أن ذلك يرتبط بزيادة تكوين صبغة الليكوبين (عن Edmond وآخرين ١٩٧٥).

## معاملات الحجر الزراعى

على الرغم من أن المعاملة بالماء الساخن تفيد كثيرًا فى مكافحة أعفان ثمار القاوون أثناء الشحن والتخزين المبردين بعد ذلك، إلا أنها لا تفيد فيما يتعلق بمتطلبات الحجر الزراعى، ذلك لأن المعاملة تؤدى إلى التخلص من المسببات المرضية السطحية، بينما يتطلب الحجر الزراعى التخلص من الإصابات الثمرية الداخلية كذلك؛ الأمر الذى لا يمكن تحقيقه بمعاملة الماء الساخن، لأن إطالة فترة المعاملة لعدة دقائق على هذه الدرجة لكى ترتفع حرارة قلب الثمرة إلى ٦٠°م يؤدى حتمًا إلى تلف الثمرة.

وقد كانت ثمار القاوون تعامل — لأغراض الحجر الزراعى — بثانى بروميد الميثايل، ولكن منع استعمال هذا المركب فى الولايات المتحدة، وحظر استعماله فى معاملة الثمار المصدرة إليها. وعلى الرغم من أن المعاملة بغاز بروميد الميثايل تفيد لأغراض الحجر الزراعى، إلا أنه يحدث تغيرات غير مرغوبة فى لون ثمار طراز شهد العسل (عن Lalaguna ١٩٩٨).

وقد وجد Lalaguna (١٩٩٨) أن معاملة ثمار الجاليا بأشعة جاما بجرعات وصلت إلى 1 kGy منعت تمامًا أعفان الثمار لمدة ١٤ يومًا على حرارة ٢٣°م، وكانت المعاملة كافية لأغراض الحجر الزراعى. ولم تكن للمعاملة أية تأثيرات على محتوى الثمار من حامض الأسكوربيك، أو الحموضة المعايرة، أو المواد الصلبة الذائبة الكلية، أو الرطوبة كذلك لم تكن لمعاملة الثمار بالماء الساخن على حرارة ٥٣°م لمدة دقيقة فائدة فى زيادة فاعلية المعاملة بالإشعاع.

## معاملة ثمار شهد العسل بالإثيلين

تؤدى معاملة ثمار شهد العسل المكتملة التكوين Mature (الناضجة نباتيًا) بالإثيلين

بتركيز ١٠٠–١٥٠ جزء في المليون، لمدة ١٨–٢٤ ساعة فى حرارة ٢٠°م، ورطوبة نسبية ٨٥٪ إلى سرعة وصولها إلى مرحلة النضج الاستهلاكى مع تجانس نضجها خلال ١٦–١٩ يومًا من التخزين على ٢.٥–٥°م، ويصاحب ذلك تحول السكريات المختزلة إلى سكروز، وتغير اللون الخارجى من الأخضر إلى الأصفر، وليونة جلد الثمرة وظهور النكهة المميزة وتجدر ملاحظة أن هذه المعاملة لا تفيد إذا جمعت الثمار قبل وصولها إلى مرحلة اكتمال النمو، كما أنها لا تلزم فى حالة بدء وصول الثمار إلى مرحلة النضج (Hardenburg & Lutz ١٩٦٨، و Protrade ١٩٩٥، و Suslow وآخرون ٢٠٠٧)

هذا ولم تعد المعاملة بالإثيلين تجرى بصورة تجارية على ثمار شهد العسل فى كاليفورنيا

## التخزين

### التخزين البارد العادى

#### العوامل المؤثرة فى القدرة التخزينية

تتطلب زيادة القدرة التخزينية لثمار القاوون أن تراعى أثناء النمو النباتى الأمور التالية

١– تقليل الرى إلى أدنى مستوى له

٢– خفض مستوى التسميد الآزوتى أثناء نمو ونضج الثمار، مع زيادة مستوى التسميد البوتاسى خلال المرحلة ذاتها

٣– إعطاء اهتمام خاص للتسميد بالكالسيوم خلال الثلاثة أسابيع السابقة للحصاد، لأنه يفيد فى تحسين تكوين الشبك وزيادة صلابة الثمار

كذلك تتطلب القدرة التخزينية للثمار مراعاة كل ما أسلفنا بيانه ابتداء من الحصاد حتى التعبئة

## الظروف المناسبة للتخزين البارد العادى

نتناول بالشرح تحت موضوع التخزين الظروف المناسبة للمحافظة على جودة الثمار ونضارتها فى كل طراز من الطرز التى أسلفنا بيانها وغنى عن البيان أنه يتعين المحافظة على سلسلة التبريد بداية من عملية التبريد الأوّلى — وهى التى يجب أن تجرى فى خلال ساعتين إلى ثلاث ساعات من الحصاد — حتى وصول الثمار إلى المستهلك.

وعلى الرغم من أن نضج ثمار القاوون يكون أفضل ما يمكن فى حرارة ٢٠–٢٢°م، إلا أن احتفاظها بجودتها لأطول فترة ممكنة يتطلب تخزينها على حرارة أقل من ذلك بكثير.

### وتخزن وتشحن ثمار القاوون فى درجات الحرارة والرطوبة النسبية التالية:

| الطراز | الحرارة (°م) | الرطوبة النسبية (%) | فترة التخزين (أسبوع) |
|---|---|---|---|
| الكنتالوب الأمريكى | ٢٫٥–٥ | ٩٠–٩٥ | ٢–٣ |
| الجاليا | ٥–٧ | ٩٠–٩٥ | ٢–٣ |
| شهد العسل | ٧–١٠ | ٨٥–٩٠ | ٢–٣ |
| الشارانتيه | ١٠ | ٩٠–٩٥ | ٢ |
| الكرانشو والفارسى | ٧–١٠ | ٩٠–٩٥ | ٢ |
| الكاسابا، والكنارى، وسانتاكلوز | ١٠ | ٩٠–٩٥ | ٢–٣ |

ويمكن تخزين الثمار الناضجة فى درجات حرارة أقل من تلك المبينة أعلاه، حيث تعد الثمار الناضجة أقل تعرضًا لأضرار البرودة من الثمار الأقل نضجًا.

ويؤدى تخزين الثمار فى درجات حرارة أقل من المبينة أعلاه لمدة ٧ أيام أو أكثر إلى تعرضها للإصابة بأضرار البرودة

وتعد الرطوبة النسبية العالية ضرورية لتجنب فقد الثمار لرطوبتها، ومن ثم ليونتها وفقدها لصلابتها ولمعانها ويزداد فقد الماء من الجلد المجروح والشبك الذى تعرض

للاحتكاكات الشديدة وتشجع الرطوبة النسبية الأعلى من الحدود الموصى بها على تعرض الثمار للإصابة بالأعفان السطحية فى كل طرز القاوون.

ولا تحتاج ثمار الهنى ديو إلى عملية التبريد الأوّلى

**وتتوقف درجة حرارة التخزين المناسبة لثمار الهنى ديو على مرحلة نضج الثمار كما يلى:**

١- الثمار الناضجة نباتيًا، والتى لم تصل بعد إلى مرحلة النضج الاستهلاكى.

تتميز هذه الثمار بلونها الأبيض المائل إلى الأخضر الفاتح، وبوجود زغب رفيع على سطحها وبخلوها من أى رائحة وتعامل هذه الثمار أولاً بالإثيلين فى حرارة ٢١°م على الأقل، ثم تبرد ببطء على مدى يومين أو ثلاثة أيام إلى ١٦°م، ثم على مدى ٣ إلى ٤ أيام أخرى إلى درجة ٧ إلى ١٠°م

٢- الثمار الناضجة نباتيًا، والتى بدأت الوصول إلى مرحلة النضج الاستهلاكى

تتميز هذه الثمار بلونها الأبيض وسطحها الشمعى، وبدء ليونة أنسجتها فى الطرف الزهرى، وكذلك بدء ظهور رائحتها المميزة ولا تعتبر معاملة هذه الثمار بالإثيلين ضرورية، ولكنها مفيدة في التعجيل بالنضج توضع الثمار بعد المعاملة مباشرة فى حرارة ٧-١٠°م، ورطوبة نسبية تتراوح بين ٨٥٪ و ٩٥٪، حيث تبقى بحالة جيدة لمدة ٢-٣ أسابيع

٣- الثمار التى وصلت إلى مرحلة النضج الاستهلاكى:

تتميز هذه الثمار بلونها الأبيض الكريمى، وسطحها الشمعى، وليونة طرفها الزهرى، وظهور رائحتها الجيدة المميزة. لا تعامل هذه الثمار بالإثيلين، وإنما تخزن مباشرة فى ٧ إلى ١٠°م، ورطوبة نسبية تتراوح بين ٨٥٪ و ٩٥٪.

ويؤدى تخزين ثمار الهنى ديو فى حرارة منخفضة لمدة طويلة إلى ظهور أعراض البرودة عليها، فتتعرض للتلف سريعًا بعد إخراجها من المخزن للتسويق، وتفقد صلابتها، وتتحلل أنسجتها ويظهر بها طعم ونكهة غير مرغوبين، وتزداد سرعة ظهور أضرار البرودة بتخزين الثمار فى حرارة ٥°م أو أقل

وتتشابه ثمار الكرينشو، والكاسابا، والفارسى فى سرعة تعرضها للإصابة بأضرار البرودة، وهى لا تُعامل بالإثيلين. وتخزن ثمارها الناضجة نباتيًا — والتى لم تصل بعد إلى مرحلة النضج الاستهلاكى (المكتملة التكوين mature) فى حرارة ١٠°م حتى تستكمل نضجها، ثم تخزن بعد ذلك فى ٧ إلى ١٠°م مع رطوبة نسبية ٨٥٪ إلى ٩٥٪ ( Lutz & Hardenburg ١٩٦٨، و Yamaguchi ١٩٨٣، و Lester & Shellie ٢٠٠٤، و Suslow وآخرون ٢٠٠ و ٢٠٠٧).

يصاحب تخزين ثمار الكنتالوب الشبكى الأمريكى نقصًا فى محتواها من مضادات الأكسدة الكاروتينات الكلية، والفينولات الكلية، وحامض الأسكوربيك (Ferrante وآخرون ٢٠٠٨).

وقد صاحب تخزين ثمار الصنف النباتى *C. melo* var. *inodorus* (شهد العسل، والكاسابا، والكنارى) — التى تحصد فى مرحلة اكتمال النمو البستانى — أثناء تخزينها لمدة ٣ أسابيع على حرارة ٧، و ١٢، و ١٥°م، ثم لمدة ٣ أيام على حرارة ٢٠°م، ما يلى:

١– لم تحدث تغيرات جوهرية فى محتوى الثمار من المواد الصلبة الذائبة الكلية.

٢– انخفضت صلابة لُب الثمرة دون أن يتأثر ذلك بدرجة حرارة التخزين.

٣– انخفض تنفس الثمار فى جميع الأصناف خلال فترة التخزين.

٤– ازداد إنتاج الثمار للإثيلين أثناء التخزين، ولكن بدرجات متفاوتة حسب الصنف.

٥– فقدت الثمار أقل من ٣٪ من أوزانها بعد ثلاثة أسابيع من التخزين على حرارة ٧ أو ١٢°م، وحوالى ٤٪ عندما كان التخزين على ١٥°م.

٦– لم يتأثر المظهر الخارجى لثمار شهد العسل والكاسابا بدرجة حرارة التخزين، بينما أظهرت ثمار الأصناف الأخرى أعراضًا لأضرار البرودة أثناء التخزين البارد، وكذلك بعد نقل الثمار لحرارة ٢٠°م، وبدأ ظهور الأعراض فى الثمار التى خزنت على ٧°م، ثم فى تلك التى خزنت على ١٢°م، ثم فى التى خزنت على ١٥°م ( Miccolis & Saltveit ١٩٩٥).

## أضرار البرودة

إن أهم أعراض أضرار البرودة فى القاوون بطرزه المختلفة ظهور نقر سطحية ومناطق بلون أسمر ضارب إلى الحمرة، وأخرى غائرة فى جلد الثمرة، وتكوّن طعم غير مرغوب فيه، وفشل الثمار غير الناضجة فى إكمال نضجها، وظهور أعفان سطحية عليها

هذا وتتباين أصناف الكنتالوب كثيرًا فى حساسيتها لأضرار البرودة (Yang وآخرون ٢٠٠٣)

وقد تراكمت كميات كبيرة من مركب ACC (وهو البادئ الذى يتكون منه الإثيلين) فى ثمار شهد العسل خلال فترة أسبوعين ونصف الأسبوع من التخزين على حرارة ٢.٥ °م (وهى حرارة تحدث معها أضرار البرودة) وكان التركيز النهائى للمركب فى جلد الثمار المخزنة فى ٢.٥ °م هو ١٥ نانو مولاً/جم، وهو تركيز بلغ ٧٠ ضعف التركيز الذى وجد فى جلد الثمار التى لم تتعرض للبرودة كذلك ازداد تركيز المركب فى أنسجة لُب الثمرة التى تقع تحت الجلد فى الثمار التى تعرضت للبرودة، ولكن ليس بالقدر ذاته مثل الزيادة التى حدثت فى الجلد. وقد انخفض تركيز المركب تدريجيًا بمجرد نقل الثمار إلى ٢٠ °م، إلى أن عاد التركيز إلى مستواه عند الحصاد — وهو أقل من نانو مول واحد/جم — فى خلال ٢٤ ساعة وبالمقارنة كان إنتاج الإثيلين وثانى أكسيد الكربون منخفضين على ٢.٥ °م، ولكنهما ازدادا سريعًا على حرارة ٢٠ °م.

وقد أدت معاملة الثمار بالإثيلين بتركيز ١٠٠٠ جزء فى المليون (١٠٠٠ ميكروليقر/لتر) لمدة ١٨ ساعة على حرارة ٢٠ °م إلى انخفاض أضرار البرودة وانخفاض تراكم الـ ACC لدى تعريض الثمار لحرارة ٢,٥ °م.

وكان تراكم الـ ACC فى جلد ثمار شهد العسل مرتبطًا سلبيًا بالاصفرار الشمسى Solar Yellowing للثمار (Lipton & Wang ١٩٨٧).

وقد تأكد وجود ارتباط عكسى بين شدة تعرض ثمار شهد العسل للإشعاع الشمسى أثناء تكوينها وبين قابليتها للإصابة بأضرار البرودة لدى تخزينها على حرارة ٢.٥ °م لمدة

١٧ يومًا، وتبين أن مستوى بادئ الإثيلين ACC كان منخفضًا عند الحصاد ولم يتأثر بشدة التعرض للإشعاع الشمسى، ولكن تقليل شدة التعرض للإشعاع الشمسى بنسبة ٥٠٪ أدى إلى مضاعفة تركيز الـ ACC خلال فترة التعرض للحرارة المنخفضة، ولم يؤد التظليل الكامل إلى إحداث زيادة إضافية فى مستوى الـ ACC بعد الحصاد والتخزين البارد. كذلك وجد أن مستوى الـ ACC فى الجزء السفلى الملامس للأرض من جلد الثمرة كان أعلى دائمًا بعد الحصاد والتخزين البارد عما فى جلد الجزء العلوى من الثمرة (Lipton وآخرون ١٩٨٧).

هذا ولم تصب ثمار الشارانتيه المحولة وراثيًّا بالـ antisense ACC oxidase — والتى تنتج أقل من ٠.٥٪ إثيلين — لم تصب بأضرار البرودة (والتى تتمثل فى النقر السطحية وتلون قشرة الثمرة rind باللون البنى) أثناء تخزينها على حرارة ٢°م لمدة ٣–٤ أسابيع، مقارنة بالثمار غير المحولة وراثيًّا. كذلك أدى تثبيط إنتاج الإثيلين فى الثمار غير المحولة وراثيًّا — قبل الكلايمكتيرك — بمعاملتها بمركب 1-methylcyclopropene إلى عدم تعرضها لأضرار البرودة وكانت المقاومة لأضرار البرودة فى الثمار التى ثُبط فيها إنتاج الإثيلين مرتبطة بعدم قدرة الثمار على إنتاج الكحول الإيثيلى والأسيتالدهيد بمعدلات تؤدى إلى تراكمها فى أنسجة الثمرة، وبعد تدهور خصائص الأغشية الخلوية خلال فترة التخزين البارد وتأكيدًا لذلك . أدت معاملة الثمار المحولة وراثيًّا بالإثيلين قبل تعريضها للحرارة المنخفضة إلى أصابتها بأضرار البرودة (Ben Amor وآخرون ١٩٩٨).

## التخزين والشحن فى الهواء المتّحكم فى مكوناته

يؤدى تخزين ثمار القاوون الشبكى فى ٢–٥٪ أكسجين، و ١٠–٢٠٪ ثانى أكسيد الكربون إلى إبطاء نضجها وتقليل إصابتها بالأعفان، ويفضل الحد الأدنى لكل من الأكسجين وثانى أكسيد الكربون، مع تخزين الثمار فى حرارة ٣°م.

وعمليًا . ترفع نسبة ثانى أكسيد الكربون بإطلاق ٢٠ كجم من الغاز فى كل حاوية

(كونتينر) بطول ٤٠ قدم بعد غلقها ويراعى تفريغ الحاوية سريعًا بعد وصولها إلى محطة الوصول، حتى لا يحدث ضرر للثمار من الإثيلين المتراكم فيها

و لا تستفيد ثمار شهد العسل كثيرًا من التخزين في الجو المعدل، ولكن إذا دعت الضرورة لتخزين الثمار لفترات طويلة تصل إلى أربعة أسابيع فإن التخزين يجب أن يكون في ٣٪ أكسجين، و ١٠–٢٠٪ ثاني أكسيد الكربون على حرارة ٧°م، حيث تؤدى هذه الظروف إلى إبطاء النضج، وانخفاض معدل التنفس، ومنع تكوين الأعفان على الثمار

ويؤدى تخزين ثمار القاوون الشبكي أو شهد العسل في نسبة أكسجين أقل من ١٪، أو نسبة ثاني أكسيد كربون أعلى عن ٢٠٪ إلى تكوين روائح غير مقبولة، وطعم غير مرغوب فيه في الثمار، وعدم اكتمال نضج الثمار بصورة طبيعية وعلى الرغم من أن نسبة ثاني أكسيد الكربون الموصى بها تتراوح بين ١٠٪ و ٢٠٪ إلا أنه يصاحبها تكوين فقاقيع كربونية في الثمار تختفي بمجرد نقل الثمار إلى الجو العادى (عن Lougheed ١٩٨٧، و Suslow وآخرين ٢٠٠٤).

كانت نوعية ثمار الجاليا التي خزنت في ١٠٪ ثاني أكسيد كربون، و ١٠٪ أكسجين – مع مادة ماصّة للإثيلين – لمدة ١٤ يومًا على حرارة ٦°م، ثم لمدة ٦ أيام أخرى على حرارة ٢٠°م كانت نوعيتها أفضل جوهريًا عن ثمار المقارنة، والثمار التي خزنت في الهواء المتحكم في مكوناته فقط. كذلك كانت الثمار التي خزنت في الهواء المتحكم في مكوناته مع المادة الماصّة أكثر صلابة وأقل إصابة بالأعفان من ثمار المعاملتين الأخرتين (Aharoni وآخرون ١٩٩٣).

## التخزين والشحن في الهواء المعدل

### تغليف الثمار المفردة

يؤدى تغليف الثمار – كل على انفراد – إلى تعديل الهواء المحيط بها، حيث يؤدى تنفس الثمار إلى سرعة خفض تركيز الأكسجين، وزيادة تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون

كذلك يؤدى التغليف إلى خفض الفقد الرطوبى من الثمار، ولكنه يزيد من احتمالات إصابتها بالأعفان.

وقد وجد Mayberry & Hartz (١٩٩٢) أن غمر ثمار الكنتالوب الأمريكى فى الماء الساخن على حرارة ٦٠°م لمدة ٣ دقائق مع تغليف الثمار — كل على حدة — فى أكياس بلاستيكية، أو تبطين الكراتين سعة ١٨ كجم بكيس بلاستيكى كبير حافظ على الثمر من الإصابة بالأعفان وقلل فقد الرطوبة منها، وأبقى على مظهرها الجيد لمدة ٢٨ يومًا من التخزين على ٣°م، ولم تكن للمعاملة بالإيمازاليل — بالإضافة إلى الماء الساخن — فائدة إضافية جوهرية فى منع الإصابة بالأعفان.

وتجدر الإشارة إلى أن مجرد تخزين ثمار الكنتالوب الأمريكى على حرارة ٤°م ورطوبة نسبية ٨٥٪–٩٥٪ لمدة ٢٠ يومًا يفقدها ٥,٧٪ من وزنها نتيجة لفقد الماء منها، ويكون ذلك مصاحبًا بنقص مماثل فى صلابة الثمار، بينما لا تفقد الثمار المغلفة بالأغشية التى تلتصق بها shrink film-wrapped — والمخزنة تحت نفس الظروف — سوى ٠,٦٪ من وزنها بعد ٣٠ يومًا من التخزين.

وقد أدى تغليف ثمار الشارانتيه — كل على انفراد — فى الأغشية البلاستيكية إكستند Xtend (وهى أغشية منفذة بدرجة عالية لبخار الماء، ويمكن التحكم فى نفاذيتها لغازى الأكسجين وثانى أكسيد الكربون باختيار الغشاء المنفذ بالدرجة المطلوبة) . أدى تغليفها إلى تأخير وصولها إلى مرحلة زيادة النضج، وما يصاحب ذلك من تغيرات غير مرغوب فيها، مثل فقد الثمار لصلابتها والتغيرات الشديدة التى تحدث فيها فى لون الجلد، ولتدهور الطعم، وظهور الأعفان وحُصِلَ على أفضل النتائج عندما خزنت الثمار المغلفة فى حرارة تتراوح بين ٧ و ١١°م (Rodov وآخرون ١٩٩٨)

## تغليف كل ثمار الكرتونة معًا

يمكن زيادة القدرة التخزينية للثمار بتعبئتها — وهى مبردة إلى ٥°م — فى أكياس بلاستيكية يُفرَّغ منها الهواء بشطفه بواسطة مكنسة كهربائية وتستعمل أكياس تسع كل

ثمار الكرتونة (٥–٦ ثمار) معًا تجرى عمليتا التعبئة فى الأكياس وتفريغ الهواء فى حجرات مبردة إلى ١٠ °م، ويعقب ذلك مباشرة وضع الكراتين فى حرارة ٥ °م أثناء التخزين والشحن، يفيد ذلك فى تعديل الهواء المحيط بالثمار، حيث يؤدى تنفسها إلى سرعة خفض تركيز الأكسجين، وزيادة تركيز غاز ثانى أكسيد الكربون.

وتتبع هذه الطريقة مع ثمار طراز الجاليا على نطاق تجارى واسع فى أمريكا الوسطى، حيث تصل الثمار إلى أوروبا فى خلال ١٥ يومًا وهى بحالة جيدة وبعد وصول الشحنة تُزال الأكياس البلاستيكية وتعاد تعبئة الثمار فى الكراتين مع وضع حواجز كرتونية بينها.

كذلك يمكن تبطين العبوات بأغشية الفينيل vinyl liner قبل تعبئتها بالثمار المبردة إلى ٥ °م، ثم سحب الهواء منها.

وأدت تعبئة ثمار الشارانتيه الأملس فى أكياس الـ Xtend المعدَّلة للجو (توضع عبوة الكرتونة كلها داخل كيس واحد فيبدو مبطنًا للجدار الداخلى للكرتونة) إلى زيادة فترة احتفاظ الثمار بجودتها بتأخير وصولها إلى مرحلة النضج الزائد وقد تحققت أفضل النتائج (أطول تأخير فى الوصول إلى مرحلة النضج الزائد) عندما تكون الهواء المحيط بالثمار من ١٣٪–١٤٪ ثانى أكسيد الكربون، مع ٧٪ إلى ١٠٪ أكسجين، على الرغم من ارتفاع تركيز الإثيلين إلى ١٢٠ ميكروليتر/لتر. ولقد احتفظت ثمار الشارانتيه التى عُبئت بهذه الطريقة على ٦–٧ °م بجودتها لمدة ١٢ يومًا بالإضافة إلى ثلاثة أيام أخرى على ٢٠ °م وبالمقارنة بالشحن الجوى التجارى فإنه لا تزيد فيه فترة صلاحية الثمار للاستعمال عن ٣–٥ أيام على ١٠–١١ °م + ٣ أيام على ٢٠ °م. وقد تحقق الجو المعدل المذكور أعلاه باستعمال أغشية Xtend بها تثقيب خفيف (تثقيب كلى قدره ٢٥ × ١٠$^{-٣}$٪ من سطح الغشاء)، ومع وضع ٨–٩ ثمار ذات وزن كلى حوالى ٥ كجم بكل كرتونة ويسمح ذلك بشحن الشارانتيه بطريق البحر (Rodov وآخرون ٢٠٠٢).

## التصدير

### أسواق التصدير والطرز المطلوبة

تمثل أسواق غرب أوروبا أكبر الأسواق المستوردة للقاوون فى العالم، يليها بفارق كبير فى حجم الأسواق، كلا من منطقة الخليج العربية واليابان. ويزداد الطلب على الجاليا فى أوروبا خلال الفترة من أكتوبر إلى مارس.

يعتبر طراز الجاليا هو الطراز المفضل لدى غالبية المستهلكين الأوروبيين، وخاصة فى ألمانيا، وإنجلترا، وهولندا، وتفضل منه الأصناف التى يمكن تخزينها لفترة طويلة Long Shelf Life أما فرنسا فإنها تفضل طراز الشارانتيه وبالمقارنة تفضل أسواق إسبانيا والبرتغال طراز البيل دى سابو.

وفى الفترات التى لا تتوافر فيها الطرز المحببة للمستهلكين فإن الأوروبيون يقبلون على القاوون الأمريكى، وشهد العسل الأصفر، والتى ترد إليهم من البرازيل وبعض دول أمريكا اللاتينية خلال شهور الشتاء كذلك دخلت فنزويلا والبرازيل بقوة فى المنافسة على تصدير الجاليا إلى أوروبا خلال فصل الشتاء وغمرت الأسواق الأوروبية منذ عام ١٩٩٨ بكميات هائلة من المحصول.

### مقاييس الجودة

بداية .. يتعين التعرف على العيوب الهامة للثمار، ليمكن فرزها واستبعادها قبل التصدير.

**ومن أهم عيوب الكنتالوب الشبكى (الأمريكى والجاليا)، ما يلى،**

١– عدم نضج الثمرة (حصاد الثمار وهى ما زالت خضراء اللون خارجيًا).

٢– زيادة نضج الثمرة (اللون برتقالى وطرية).

٣– وجود بقع غائرة على سطح الثمرة نتيجة حدوث أضرار بالجلد وفقد الماء من الأماكن المضارة.

٤– تغير لون أجزاء من جلد الثمرة بسبب لسعة الشمس أو حدوث خدوش بها.

٥- التلون البني بين الشبك vein track browning، الأمر الذى يحدث بفعل التعرض للحرارة العالية عند الحصاد.

٦- طراوة جزء الثمرة الذى كان ملامسًا للأرض قبل الحصاد، مع احتفاظه بلون أخضر وضعف تكوين الشبك فيه، مع زيادة مساحته

٧- الخدوش والجروح التى تحدث جراء سوء التداول وإسقاط الثمار من مسافة تزيد عن ٦٠ سنتيمترًا

٨- وجود أعفان عند طرف العنق أو أعلى سطح الثمرة.

٩- انفصال البذور عن اللحم (shaker melons).

## أما أهم عيوب كنتالوب هضد العسل، فهى كما يلى:

١- أن تكون الثمار غير مكتملة التكوين أو زائدة النضج

٢- وجود تلطخات بنية brown blotches، وهو عيب فسيولوجى يتميز بوجود مناطق بنية واضحة الحدود على سطح الثمرة.

٣- وجود أعفان على سطح الثمرة

٤- وجود انهيار داخلي باللب نتيجة إسقاط الثمار وحدوث أضرار بها.

٥- فقد الماء من الثمار غير المكتملة التكوين؛ الأمر الذى يفقدها تمام الاستدارة (Cantwell ١٩٩٦).

ويجب إخضاع جميع شحنات الكنتالوب المصدرة لاختبارات مقاييس الجودة Quality Standards، بهدف التأكد من مطابقتها للحدود الدنيا المسموح بها من تلك المقاييس؛ الأمر الذى يعرف باسم التحكم فى الجودة Quality Control

## وتتضمن مقاييس الجودة الصفات التالية:

١- اللون الأساسى ground color للثمرة.

يجب أن يتراوح اللون الأساسى لجلد الثمرة (بين الشبك) بين الأخضر الضارب إلى الصفرة والأصفر الضارب إلى الخضرة، ويسمح بوجود ثمرة واحدة ذات لون أخضر فاتح

أو أصفر بكل كرتونة، وذلك عند الشحن بطريق البحر أما عند الشحن الجوى فإن لون الثمار يجب أن يتراوح بين الأصفر الفاتح والأصفر ولا يسمح بوجود أكثر من ثمرة واحدة مخالفة فى اللون لما سبق بيانه فى الكرتونة

٢- عدد الثمار فى الكرتونة:

يجب أن يتطابق عدد الثمار الموضح على الكرتونة من الخارج مع العدد الفعلى الموجود فيها. والذى يكون ٤، أو ٥، أو ٦، أو ٨، أو ٩، أو ١١ ثمرة (يراجع لذلك جدول ٣-٢).

٣- شكل الثمرة:

يجب أن تكون جميع ثمار الكرتونة الواحدة ذات شكل جيد مطابق للصنف، ويسمح بوجود ثمرة واحدة مخالفة فى الشكل

٤- تكوين الشبك:

يفضل أن يغطى الشبك الجيد التكوين بين ٩٦٪، و ١٠٠٪ من سطح الثمرة، ويسمح بأن يتراوح السطح المغطى بالشبك فى كل ثمرة بين ٨٥٪، و ٩٥٪.

٥- محيط الثمرة:

يفضل ألا تتجاوز الاختلافات فى محيط الثمرة بين ثمار الكرتونة الواحدة ٢٥ ملليمترًا، ويسمح بثمرة واحدة تتجاوز الحدود بمقدار ٢٦-٣٥ ملليمترًا فقط.

٦- نسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية:

يجب أن تتراوح نسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية TSS (Brix) فى ثمار الكرتونة الواحدة بين ١٠٪، و ١٤٪، ويسمح بوجود ثمرة واحدة يتراوح محتواها بين ٩,٥٪، و ١٠٪، أو بين ١٤٪، و ١٦٪.

٧- الندوب Scars:

يفضل ألا تزيد مساحة الندوب عن ٣٪ من سطح الثمرة، ويمكن أن يسمح بها حتى ٥٪.

٨- لسعة الشمس Sunscald، والتضليع الشديد Severe Ribbing، والأضرار الحشرية Insect Damage، وأضرار الطيور Bird Damage، والأضرار الميكانيكية Mechanical Damage.

لا يسمح بأى نسبة من تلك العيوب والأضرار.

٩- قطر الطرف الزهرى الخشن للثمرة:

يجب ألا يزيد قطر الجزء الخشن من الطرف الزهرى للثمرة عن ٤ سم، ويسمح بثمرة واحدة يتراوح فيها قطر هذا الجزء الخشن بين ٤، و ٦ سم

١٠- مساحة مكان تلامس الثمرة مع الأرض:

يجب ألا يزيد قطر تلامس الثمرة مع الأرض Ground Spot عن ٤ سم، وألا يكون لون ذلك الجزء مخالفاً بصورة شديدة للون بقية الثمرة، ويسمح بوجود ثمرة واحدة فى الكرتونة يكون فيها قطر تلك المساحة بين ٤، و ٦ سم، مع استمرار شرط عدم اختلاف لونه بصورة شديدة عن لون بقية سطح الثمرة.

١١- طول عنق الثمرة:

يجب أن يتراوح طول عنق الثمرة بين ٥ مم، و ١٠ مم (فى ثمار الجاليا) ويسمح بوجود ثمرتين فى كل كرتونة يقل فيهما طول عنق الثمرة عن ٥ مم، أو يزيد حتى ٢٠ مم

١٢- صفات اللب

يجب أن يكون لب الثمار متماسكاً، وذا لوان أخضر فاتح، وألا تحتوى الثمار على تجويف داخلى، أو بذور سائبة، أو سوائل، ويسمح بوجود ثمرة واحدة يكون فيها تجويف داخلى لا يزيد عن ١٥ مم، وقليل جداً من السوائل.

١٣- الأعفان Decay، و التفلقات Splits، والموزايك Mosaic.

لا يسمح بوجود أى نسبة من تلك العيوب

١٤- الخدوش Bruises

يجب عدم وجود أى نسبة من الخدوش، ويسمح بوجود ثمرة واحدة فى الكرتونة يكون فيها خدشًا سطحيًا لا يصل إلى اللحم، ولا يزيد قطره عن ١٠ مم.

١٥- التشققات Cracks

يجب خلو الثمار من التشققات ويسمح بوجود ثمرة واحدة فى الكرتونة يكون بها شق واحد ملتئم ولا يزيد طوله عن ١٠ مم (عن مشروع استخدام ونقل التكنولوجيا الزراعية بتصرف)

## الكنتالوب المجهز للمستهلك

### التجهيز للمستهلك وما تجب مراعاته بهذا الشأن

تصلح ثمار الهنى ديو التى تقطف من أعناقها أو وهى فى مرحلة نصف الانفصال وبها ١١٪-١٢٪ مواد ذائبة للتجهيز للمستهلك fresh-cut. يُختار الصنف المناسب فيما يتعلق بمحتوى ثماره من السكر، وصلابة لبه وسمكه. تغسل الثمار وتطهر سطحيًا فى محلول ٢٠٠ جزء فى المليون (٢٠٠ ميكروليتر/لتر) من ٥,٢٥٪ هيوكلوريت الصوديوم على ٥°م، و pH = ٦,٥-٧ لمدة خمس دقائق، ثم تقطع إلى مكعبات باستعمال شفرات حادة جدًا. ويلى ذلك شطف المكعبات فى محلول ١٥٠ جزءًا فى المليون من ٥,٢٥٪ هيوكلوريت الصوديوم على ٥°م لمدة ٣٠ ثانية. يمكن لتلك المكعبات أن تحتفظ بصفاتها الأكلية الجيدة لمدة ٦-١٠ أيام على ٥°م.

ويفيد تعديل الهواء إلى ٥٪ أكسجين + ٥٪ ثانى أكسيد كربون فى الحد من النمو الميكروبى، وفقدان الصلابة، والتغيرات الأخرى فى صفات الجودة (Lester & Shellie ٢٠٠٤).

وتجهز ثمار الكنتالوب الشبكى للمستهلك بنفس الطريقة، مع اختيار الأصناف ذات اللب القوى السميك المرتفع فى نسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية، وحصاد الثمار فى

أبكر مراحل النضج المقبولة للاستهلاك، وهى مرحلة نصف الانفصال أو ثلاثة أرباع الانفصال (Shellie & Lester ٢٠٠٤، و Beaulieu & Lea ٢٠٠٧)

وفى كل طرز الكنتالوب يمكن استبعاد أجزاء لحم الثمار التى تقابل أجزاء السطح التى تكون مصابة بلسعة الشمس أو بها عيوب أخرى سطحية، وتقطيع باقى اللب إلى مكعبات يعد هذا الإجراء ضروريًّا لأن اللب غالبًا ما يكون أقل جودة مقابل تلك العيوب السطحية (Cantwell & Portela ١٩٩٨)

**ويراعى عند تجهيز الكنتالوب للمستهلك fresh-cut – بصورة عامة – ما يلى:**

١– يفضل عدم تجهيز الأجزاء السليمة من الثمار المصابة جزئيًّا أو التى يوجد بها أضرار واضحة فى أجزاء منها

٢– يجب استبعاد أجزاء الثمار المقابلة للبقع السطحية المصابة بلسعة الشمس أو التى تكون البقعة الملامسة للأرض فيها كبيرة وطرية.

٣– تغسل الثمار جيدًا بماء ذا نوعية جيدة ويقل فيه الحمل الميكروبى كثيرًا، مع مراعاة استخدام تركيز مناسب من أحد المطهرات، فذلك – وحده – كفيل بخفض الحمل الميكروبى على جلد الثمرة بمقدار ٢–٣ لوغاريتم للوحدات المكونة للمستعمرات CFU. وفى كل الأحوال يجب أن نتذكر أن الغسيل والتطهير السطحى لا يمكن أن يؤدى إلى التخلص التام من التلوث الميكروبى للثمار

٤– يفضل إجراء التطهير السطحى للثمار بالماء الساخن.

٥– ضرورة تطهير شفرات التقطيع بصورة منتظمة.

٦– سرعة تبريد قطع الثمار بعد تجهيزها إلى صفر–٥°م مع بقائها على تلك الدرجة أثناء الشحن والتوزيع، علمًا بأن الكنتالوب المجهز للمستهلك لا يكون حساسًا لأضرار البرودة الكاملة (Produce Market Association & United Fresh Fruit Association – الإنترنت – ٢٠٠٥)

ولقد أمكن إنتاج صنف من الكنتالوب الشبكى الأمريكى (الـ muskmelon)، يتميز

بصلابته الفائقة (ultra-firm)، ويناسب التجهيز الطازج للمستهلك خلال فصل الشتاء، حيث أمكن تخزين الثمار لمدة خمسة أسابيع على ١°م فى ظروف جو معدل، وأعقب ذلك تجهيزه للمستهلك fresh-cut وتخزينه لمدة ١٤ يومًا فى الهواء على ٥°م حيث استمر فى المحافظة على جودته (الصلابة = ٥١N، والمواد الصلبة الكلية > ١٢٪، والبيتاكاروتين = ١٨ مجم/كجم، وحامض الأسكوربيك = ١٨٢ ملليجرام/كجم)، ولم تظهر أى علامة على شفانية اللب أو التنقير السطحى، على الرغم من ازدياد الحمل الميكروبى إلى > ١١ لو$_{١٠}$/كجم (Saftner & Lester ٢٠٠٨، و Saftner & Lester ٢٠٠٩).

## أهمية استخدام الشفرات الحادة فى التقطيع

تم تجهيز قطع كنتالوب (اسطوانات) بقطر ١,٨ سم وطول ٣,٥-٤ سم) باستخدام ثاقبات فلين من الصلب الذى لا يصدأ وبحافة حادة أو غير حادة (باردة)، وخزنت لمدة ١٢ يومًا فى الهواء على ٥°م. ولقد حافظت القطع التى جهزت بالثاقبات الحادة على مظهرها الجيد لمدة ستة أيام على الأقل، بينما كانت القطع المجهزة بالثاقبات غير الحادة غير مقبولة قبل اليوم السادس بسبب ما ظهر عليها من تغيرات لونية وشفانية. هذا ولم تؤثر حدة الثاقبات على أى تغيرات فى التحلل أو الصلابة أو محتوى السكر أو النكهة، ولكن القطع التى استعمل فى تحضيرها ثاقبات باردة ازداد فيها تركيز الإيثانول والطعم غير المقبول والتسرب الأيونى مقارنة بما أظهرته القطع التى استعمل فى تحضيرها ثاقبات حادة. وكان معدل التنفس على ٥°م متماثلاً فى كلتا الحالتين، إلاّ أن إنتاج الإثيلين كان أعلى — أحيانًا — فى القطع التى استعمل فى تحضيرها ثاقبات ذات حافة غير حادة (Portela & Centwell ٢٠٠١).

## المعاملة بأملاح الكالسيوم ومضادات الأكسدة

تفيد عمومًا معاملة الخضر والفاكهة الطازجة المعدة للمستهلك fresh-cut بالكالسيوم للمحافظة على صلابتها وبحامض الأسكوربيك لتجنب تلونها باللون البنى.

وقد أدى غمس قطع الكنتالوب المجهزة للاستهلاك فى كلوريد الكالسيوم إلى تحسين صلابتها أثناء التخزين على ٥°م، مع عدم وجود فرق بين الغمس لمدة دقيقة واحدة أو خمس دقائق وعندما كان الغمس لمدة دقيقة واحدة فى ٢,٥٪ كلوريد الكالسيوم على ٢٠، أو ٤٠، أو ٦٠°م فإن الصلابة استمرت كما هى أو تحسنت، وخاصة عندما كان الغمس فى درجات الحرارة العالية، بينما ازداد محتوى شرائح الكنتالوب من الكالسيوم بنسبة حوالى ٣٠٠٪ (Luna-Guzmán وآخرون ١٩٩٩)

وعندما غمرت قطع أسطوانية من الكنتالوب لمدة دقيقة فى محاليل بتركيز ٢,٥٪ من كلوريد الكالسيوم على حوالى ٢٥°م أو لاكتات الكالسيوم calcium lactate على حوالى ٢٥، و ٦٠°م، ثم خزنت لمدة ١٢ يومًا على ٥°م مع ٩٥٪ رطوبة نسبية، حافظت كلتا المعاملتين على صلابة قطع الكنتالوب خلال فترة التخزين. إلا أن الغمر فى محلول كلوريد الكالسيوم – وليس لاكتات الكالسيوم – أضفى على قطع الكنتالوب طعمًا مرًّا، ولم تلاحظ أى فروق جوهرية فى السلوك الفسيولوجى بين القطع المعاملة وغير المعاملة (Luna-Guzmán & Barrett ٢٠٠٠).

كذلك عوملت القطع المجهزة fresh-cut من ثمار الكنتالوب صنف Amarillo (الذى يتبع الصنف النباتى *Cucumis* melo van *saccharinus*) – وهو طراز هام جديد يُزرع لأجل استعماله فى صناعات تجهيز المنتجات الطازجة للمستهلك (fresh-cut industry) – عوملت بالغمس فى محلول كلوريد كالسيوم بتركيز ٠,٥٪ لمدة دقيقة واحدة على ٥°م أو ٦٠°م، مع استعمال الماء المقطر فى غمس قطع الكنترول. وأعقب الغمس تعبئة قطع الكنتالوب فى صوان محكمة الغلق بغشاء مثقب تثقيبًا دقيقًا وتركت لمدة ثمانى أيام على ٥°م. وقد وجد أن معاملة الغمس على ٦٠°م أدت إلى زيادة مستوى الكالسيوم المرتبط بالأنسجة، وحافظت على الصلابة، وقللت النمو الميكروبى، وحسنت خصائصها الأكلية مقارنة بما حدث فى كل من معاملتى الكنترول والغمس على ٥°م.

وفى تجربة أخرى أُجرى الغمس على حرارة ٦٠°م باستعمال محاليل مختلفة من الكالسيوم (كلوريد الكالسيوم وكربونات الكالسيوم ولاكتات الكالسيوم calcium lactate

وبروبيونات الكالسيوم calcium propionate) مع توحيد تركيز الكالسيوم فى كل منها ليعادل ٠,٥٪ كلوريد كالسيوم (٠,١٨ جم كالسيوم/١٠٠ مل). وقد وجد أن طراوة قطع الكنتالوب ارتبطت بتركيز الكالسيوم المرتبط: فبزيادة الكالسيوم المرتبط تحسّنت صلابة الأنسجة. وقد أدى كل من كلوريد ولاكتات وبروبيونات الكالسيوم إلى زيادة الكالسيوم المرتبط بنسبة ٥٠٪ وحافظت على الصلابة، هذا بينما أدت المعاملة بالماء المقطر أو بكربونات الكالسيوم إلى نقص الصلابة بنسبة ٢٧٪، و ١٩٪، على التوالى. كذلك أدت معاملة الغمس فى كلوريد الكالسيوم ولاكتات الكالسيوم إلى خفض أعداد الميكروبات بمقدار ٢ لو (2 log)، وأدت معاملة الغمس فى بروبيونات الكالسيوم إلى إحداث خفض مقداره ٤ لو، وذلك مقارنة بمعاملة الكنترول والتى تراوح فيها العدد بين ٦، و ٧,٣ لو. هذا إلاّ أن معاملة بروبيونات الكالسيوم — بالتركيز المستعمل — صاحبها تكوين مذاق غير مرغوب فيه خلال فترة الحفظ التى تراوحت لمدة ثمانى أيام على ٥°م (Aguayo وآخرون ٢٠٠٨).

## التخزين والتغيرات فى صفات الجودة

تحدث جميع التغيرات البيوكيميائية المؤثرة فى صفات الجودة وكذلك التغيرات الميكروبية فى الكنتالوب المجهز للمستهلك fresh-cut ببطء شديد على ٤°م مقارنة بما يحدث على ١٠°م، وتزداد بشدة سرعة تلك التغيرات على ٢٠°م (Lamikanra وآخرون ٢٠٠٠).

ولقد حافظت قطع الكنتالوب المجهزة للمستهلك fresh-cut بجودتها لمدة تسعة أيام على ٥°م وهى فى MAP سواء أتركت ليتكون الجو المعدل بصورة طبيعية، أم زُودت بهواء يتكون من ٤٪ أكسجين + ١٠٪ ثانى أكسيد كربون، ولكن الجودة كانت أفضل فى الحالة الأخيرة، حيث احتفظت المكعبات بلونها بصورة أفضل، وانخفضت شفافيتها، وكان معدل التنفس فيها أقل وكذلك كان العدّ الميكروبى فيها أقل مما فى حالة تكون الجو المعدل بصورة طبيعية. وكانت الجودة فى كلتا المعاملتين أفضل مما فى معاملة ثالثة حفظت فيها مكعبات الكنتالوب المجهز على نفس درجة الحرارة ولكن فى

أغشية مثقبة، حيث لم تحتفظ بجودتها فيها سوى لمدة ٥–٧ أيام، وكان سبب التدهور السريع فيها هو الشفافية وظهور رائحة غير مرغوب فيها (Bai وآخرون ٢٠٠١). وفي دراسة أخرى مماثلة، ولكن مع استعمال جو معدل حقنًا بهواء يتكون من ٥٪ أكسجين، و ٥٪ ثاني أكسيد كربون، مع التخزين على ٥ أو ١٠°م، كان – أيضًا – الهواء المعدل المحقون هو الأفضل، كما كان التخزين على ٥°م أفضل منه على ١٠°م (Bai وآخرون ٢٠٠٣).

ويلعب التوازن بين نسبة الـ nonacetate ester إلى acetate ester دورًا هامًا في إعطاء النكهة المميزة للكنتالوب، وهي التي تغيرت بمقدار الضعفين تقريبًا بعد يومين فقط من تخزين الكنتالوب المجهز للمستهلك fresh-cut في الحرارة المثلى للتخزين، وبمقدار أكثر من ثلاثة أضعاف بعد خمسة أيام. ويعد هذا التغير في مركبات الـ esters التي ينتجها النبات أحد أسباب التدهور الذي يحدث في جودة الكنتالوب المجهز للمستهلك (Beaulieu ٢٠٠٦).

## التلوث الميكروبي

تعلق بكتيريا السلامونيلا *Salmonella* بالشبك في ثمار الكنتالوب وتحتجز بينه؛ فلا يسهل التخلص منها بالغسيل، حيث تتسبب في تلوث اللحم عند تجهيزه للمستهلك، خاصة وأن pH لُب ثمار الكنتالوب التامة النضج يتراوح بين ٦، و ٧، ويشكل بيئة مثالية لنمو البكتيريا، وخاصة في الحرارة العالية

ومن بين حالات التلوث الأخرى التي ظهرت في الولايات المتحدة – بخلاف السالمونيلا – إصابات بكل من *Campylobacter*، و *E. coli* O157:H7 جراء تلوث اللب – أثناء تجهيزه – بالبكتيريا العالقة بالشبك في جلد الثمرة (Guzmán ١٩٩٧)

الفصل الرابع

# البطيخ

يبدأ أزهار البطيخ بعد نحو ٤٠-٥٠ يومًا من الزراعة، ويبدأ نضج الثمار بعد ذلك بنحو شهر ونصف إلى شهرين؛ أى بعد ٣-٤ شهور من الزراعة. وتحتاج الثمرة لنحو ٤٥-٦٠ يومًا من عقدها إلى تمام نضجها حسب الصنف. ويستمر الحصاد لمدة تتراوح من شهر إلى شهر ونصف فى الحقل الواحد.

## علامات النضج

لا تصل ثمرة البطيخ إلى أفضل نوعية لها إلا بعد اكتمال تكوينها؛ لذا فإنه من الأهمية بمكان ألا تقطف ثمار البطيخ قبل بلوغها تلك المرحلة. ونظرًا لأن ثمار البطيخ لا تحدث بها تغيرات ظاهرية أثناء النضج (لا تعتبر الزيادة فى الحجم دليلاً على النضج)، ولا تنفصل انفصالاً طبيعيًا عن العنق؛ لذا .. فإن تقدير الوقت المناسب للحصاد يعد أمرًا صعبًا، ويعتمد على الخبرة مع الاستعانة بعلامات النضج التالية:

١- ذبول وبدء جفاف أقرب محلاق لعنق الثمرة (دون أن يجف تمامًا)، واكتسابه لونًا بنيًا. ومع أن المحلاق قد يجف لأسباب أخرى لا علاقة لها بالنضج، إلا أن عدم جفافه وبقائه أخضر اللون يُعد دليلاً مؤكدًا على عدم نضج الثمرة.

٢- تغير لون جلد الثمرة فى الجزء الملامس للأرض من اللون الأبيض الشاحب أو الضارب إلى الخضرة، إلى اللون الأصفر الفاتح، أو الأصفر الكريمى.

٣- قد يفقد جلد الثمرة جزءًا من نعومته، كما يفقد بريقه ولمعانه.

٤- يُحدث الطرق على الثمرة صوتًا معدنيًا رنانًا إذا كانت غير ناضجة، وصوتًا مكتومًا إذا كانت ناضجة، وأفضل وقت لإجراء هذا الاختبار هو الصباح الباكر، إلا أن هذا الاختبار لا يعتمد عليه كذلك؛ إذ أن الأصناف ذات اللحم المتماسك تعطى صوتًا

معدنيًا رنانًا حتى وهى ناضجة، كما أن معظم الثمار غير الناضجة تعطى صوتًا مكتومًا إذا أجرى الاختبار بعد الظهر، أو بعد فترة من الحصاد. ويعنى ذلك أن هذا الاختبار فائدته محدودة بالنسبة للعامل الذى يقوم بقطف الثمرة، وقليلة جدًا بالنسبة للمستهلك عند شرائه لثمار البطيخ

٥- صعوبة خدش قشرة الثمرة الناضجة بالأظافر فى الجزء الملامس للأرض

٦- يُسمع صوت تمزق الأنسجة الداخلية في الثمار الناضجة عند الضغط عليها بين راحتى اليدين إلا أن هذا الاختبار يتلف الثمرة

٧- اختفاء الغلاف الجيلاتيني المحيط بالبذرة وتصلب الغلاف البذرى

٨- وصول محتوى المواد الصلبة الذائبة إلى ما لا يقل عن ١٠٪ فى اللب القريب من مركز الثمرة.

٩- تختفى الشعيرات الدقيقة من على ساق النبات لمسافة ٣ سم على جانبى عنق الثمرة الناضجة

وتظل ثمار البطيخ متصلة بالنبات حتى بعد اكتمال نضجها

ويتعين الربط بين علاقة النضج الخارجية وتلك الداخلية بعد اختبار عدد من الثمار التى تُختار عشوائيًا من كل حقل إنتاجى من الصنف الواحد (Rushing ٢٠٠٤، و Suslow ٢٠٠٧).

## التغيرات المصاحبة لنضج الثمار

تزداد السكريات المختزلة مبكرًا خلال نمو ثمرة البطيخ بدرجة أكبر عن زيادة السكروز. وعند اكتمال النمو تحتوى الثمرة على سكريات كلية بنسبة حوالى ١٠٪، يكوّن السكروز ٣٥٪ منها. وإذا سمح للثمرة بأن تصبح زائدة النضج وهى متصلة بالنبات، أو أثناء تخزينها فى حرارة الغرفة فإن نسبة السكروز تزداد إلى حوالى ٦٥٪ من السكريات الكلية. هذا وتزداد السكريات الكلية والمواد الذائبة فى ثمرة البطيخ حتى اكتمال نموها، علمًا بأن السكريات الكلية تشكلُ حوالى ٨٥٪ من المواد الصلبة الذائبة الكلية فى الثمار الناضجة

يظهر العيب الفسيولوجى القلب الأبيض whiteheart على صورة خطوط بيضاء فى اللب، وتسببه زيادة الرطوبة، وكذلك زيادة التسميد الآزوتى خلال مرحلة النضج.

ويكون لُب الثمار الزائدة النضج سهل التفتت، وتكثر به الفراغات حول البذور، وفاقد للطعم الجيد. ويؤدى تعرض الثمار للإثيلين أثناء التخزين أو الشحن إلى زيادة سهولة تفتت اللب، وانفصال القشرة عن اللب، وطراوة الثمرة كلها.

## الحصاد

تقطف الثمار الناضجة بما لا يقل عن ٣ سم من عنق الثمرة، ويفضل قطع العنق بسكين أو مقص. ويعطى العنق حماية للثمرة من الإصابة بمرض تعفن الساق الذى يسببه الفطر *Physalospora rohodina* لأطول فترة ممكنة. وتحسن إعادة قطع الجزء الطرفى من العنق فيما بعد، ومعاملة السطح المقطوع بأحد المطهرات الفطرية لمكافحة هذا الفطر.

يراعى عدم ترك الثمار فى الحقل لمدة طويلة بعد الحصاد، مع حمايتها من الشمس والأمطار، وعدم وضعها على طرفها الزهرى، وعدم تكويمها فى كومات كبيرة لأن ذلك كله يؤدى إلى زيادة نسبة الثمار التالفة.

ويجب تفريغ الثمار يدويًا.

## عمليات التداول

تتطلب النوعية الجيدة جدًا للبطيخ ألا تقل قراءة الرفراكتومتر للمواد الصلبة الذائبة عن ١٠٪، ويفضل أن تصل إلى ١٢٪، ولكن ١٠٪ تعد كافية إذا كان التقدير عشوائيًا من أى مكان من الجزء الداخلى الصالح للأكل. أما النوعية "الجيدة" فتتطلب ألا تقل القراءة الداخلية العشوائية عن ٨٪. هذا مع العلم بأن القراءة تكون أعلى فى مركز الثمرة عن جوانبها، وفى طرفها الزهرى عن طرفها القاعدى.

ويجب تداول ثمار البطيخ بحرص وتجنب ارتطامها بعضها ببعض، وإذا حدث ذلك يتعين عدم تصدير تلك الثمار لأن الارتطام يُحدث أضرارًا تكون غير مرئية وقت التعبئة، ولكنه يؤدى إلى ظهور مساحات متغيرة اللون بجلد الثمرة فى موضع الضرر، فضلاً عن حدوث أضرار باللحم ذاته تتطور أثناء الشحن (Rushing ٢٠٠٤).

## التدريج

يتم تدريج الثمار حسب الحجم قبل تعبئتها، فلا يجب أن تحتوى الكرتونة الواحدة على ثمار تتفاوت فى أحجامها ويجرى التدريج آليًا فى محطات التعبئة المجهزة لذلك

## الفرز لأجل التصدير

يتعين أن تتوفر فى ثمار البطيخ المعدة للتصدير الشروط التالية:

١– أن تكون مكتملة التكوين ومطابقة للصنف من حيث الشكل، ولون القشرة الخارجى، ولون اللُب

٢– ألا يقل محتواها من المواد الصلبة الذائبة الكلية قرب مركزها عن ١٠٪.

٣– أن تكون خالية من لفحة الشمس، والتشققات، والخدوش، والأضرار الميكانيكية، والتحلل، وانهيار الأنسجة الداخلى الذى يظهر عند زيادة النضج، فيجب أن يكون لُب الثمرة صلبًا ومتماسكًا

٤– كذلك يجب استبعاد جميع الثمار غير المنتظمة الشكل، والتى توجد بسطحها أجزاء منخفضة، أو نُدَب scars قديمة، فضلاً عن ضرورة استبعاد الثمار غير لمكتملة التكوين كما أسلفنا

٥– أن تكون الثمار نظيفة

٦– ألا يقل وزن الثمرة عن ٢,٥ كجم، وألا يزيد عن ٥ كجم (بالنسبة لأسواق المملكة المتحدة)

٧– أن تكون الثمار خالية من متبقيات المبيدات

هذا .. ويكون البطيخ مطلوبًا للتصدير إلى الأسواق الأوروبية خلال الفترة من أكتوبر إلى مايو.

## التعبئة والعبوات

يجب أن تراعى عديد من الأمور فى عبوات البطيخ التى تستعمل فى التصدير، وفى عملية التعبئة ذاتها، كما يلى:

١- يجب أن تكون الكراتين المستعملة فى التبعئة من نوعية جيدة يمكنها أن تتحمل ضغوط تصل إلى ٣٠٠ رطل/بوصة مربعة، أو حوالى ٢١,١ كجم/سم$^2$

٢- تكون أبعاد كراتين تعبئة البطيخ عادة: ٥٠ سم (عرض) × ٦٠ سم (طول) × ٣٢ سم (ارتفاع)، أو ٣٤ × ٥١ × ٢٠ سم. ويجب أن يتناسب عمق الكرتونة مع أقصى حجم للثمار المعبأة فيها

٣- يجب أن تتم التعبئة بكيفية تتوفر معها تهوية جيدة.

٤- توضع عادة طبقة من قصاصات الورق فى قاع الكرتونة لتقليل الخدوش المحتملة. كذلك يفضل وضع ورق مقوى بين الثمار فى العبوة (Fiberboard divider)؛ لتقليل احتكاكها ببعضها البعض أثناء النقل وبعد ملأ الكرتونة فإنها يجب أن تكون منتفخة من قمتها أو أحد جوانبها، وإلا حدثت خدوش وتشققات كثيرة فى الثمار المعبأة فيها أثناء النقل. كما يجب ألا تكون الثمار شديدة التزاحم داخل الكرتونة؛ لكى لا تتشقق من جراء ذلك

٥- يبلغ وزن الثمار الصافى فى الكرتونة عادة ١٥ كجم، ويتراوح محتواها بين ثلاث وثمانى ثمار متجانسة فى الحجم، ومن صنف واحد.

٦- يجب أن تُبين على الكرتونة كافة المعلومات المتعلقة بالعبوة، وبخاصة الصنف، وعدد الثمار، والوزن الصافى.

٧- كما يمكن وضع الملصق التجارى المميز للمنتج على كل ثمرة.

٨- ويتعين تحزيم الكراتين فى باليتات (palletisation) لتسهيل نقلها داخل محطة التعبئة، وعند شحنها، سواء أكان ذلك بطريق البر أم بطريق البحر

٩– يفضل عند الشحن بطريق الجو – إن كان ذلك اقتصاديًا – أن تكون الكراتين في باليتات مفردة، وألا توضع في كونتينرات Containers محكمة الغلق، لأنها تسمح بارتفاع الحرارة وتجمع الإثيلين بداخلها؛ الأمر الذى يؤدى إلى سرعة تلف الثمار.

١٠– أما عند الشحن بطريق البحر، فإنه يفضل أن يتم ذلك فى حاويات مبردة على حرارة ١٢°م

وينص القانون المصرى على أن تكون ثمار البطيخ المُصدرة ناضجة منتظمة الشكل خالية من الجروح، والعطب، وآثار المبيدات، مكتملة النمو غير متقدمة النضج، وغير لينة، وغير مصابة بلفحة الشمس. ويسمح القانون بنسبة لا تزيد عن ٥٪ من الثمار التى بها جروح سطحية ملتئمة، أو أثر لفحة شمس، أو آثار التعفير بالكبريت. وينص القانون على أن تكون الثمار متماثلة الصنف، والحجم فى الرسالة الواحدة، ويسمح بنسبة لا تزيد عن ٥٪ من الثمار مختلفة الحجم، كما يسمح بنسبة لا تزيد عن ٥٪ من الثمار التى يقل وزنها عن ٥ كجم فى البطيخ الشليان (أو جيزة)، و ٧,٥ كجم فى الأيرش جراى (والشارلستون جراى)، على ألا يزيد النقص فى الوزن عن كيلوجرام واحد.

## التبريد الأوّلى

يجب تبريد ثمار البطيخ تبريدًا أوليًا إلى ١٠°م فى خلال ٢٤ ساعة من حصادها إذا رُغِبَ فى تخزينها لفترة طويلة كما يجب خفض حرارة الحقل التى قد تصل إلى ٢٨–٣٥°م إلى ١٥°م بأقصى سرعة ممكنة، وذلك لتجنب النضج السريع للثمار الذى يحدث فى الحرارة العالية.

وعلى الرغم من إمكانية تبريد البطيخ أوليًا فى الحجرات المبردة. إلا أن ذلك يكون بطيئًا. ويفضل التبريد بطريقة الدفع الجبرى للهواء.

وتجب المحافظة على الرطوبة النسبية بين ٩٠٪، و ٩٥٪ أثناء عملية التبريد الأوّلى

## فسيولوجى البطيخ بعد الحصاد

يبلغ معدل تنفس ثمار البطيخ فى مختلف درجات حرارة التخزين كما يلى:

| الحرارة (°م) | معدل التنفس (مل $CO_2$/كجم ثمار فى الساعة) |
|---|---|
| صفر | لا يوصى بها لتعرض الثمار فيها لأضرار البرودة |
| ٥ | ٣-٤ |
| ١٠ | ٦-٩ |
| ٢٠ | ١٧-٢٥ |

ولحساب إنتاج الثمار من الطاقة فى مختلف درجات الحرارة يضرب معدل التنفس المبين أعلاه فى ٤٤٠ للحصول على عدد الوحدات الحرارية البريطانية لكل طن من الثمار فى اليوم، أو يضرب فى ١٢٢ للحصول على كمية الطاقة المنطلقة بالكيلو كالورى لكل طن من الثمار فى اليوم.

ويتراوح معدل إنتاج الثمار للإثيلين بين ٠,١ و ١,٠ ميكروليتر/كجم فى الساعة على ٢٠°م (Suslow ٢٠٠٧).

ومن المعروف أن معاملة الثمار غير الكلايمكتيرية Nonclimacteric Fruits بالإثيلين تؤدى إلى زيادة معدل تنفسها، ولكن يعود معدل التنفس فيها إلى وضعه السابق قبل المعاملة بالإثيلين بمجرد إنهاء تلك المعاملة وقد صُنِّف البطيخ منذ فترة طويلة على أنه من الثمار الكلايمكتيرية، وذلك بناء على دراسات أجريت على معدل تنفس الثمار وإنتاجها للإثيلين فى أحد أصناف البطيخ بعد الحصاد. هذا إلا أن تعريض ثمار البطيخ للإثيلين بتركيزات شديدة الانخفاض تصل إلى ميكروليتر واحد/لتر يؤدى إلى تدهور نسيج المشيمة ويجعل الثمار غير صالحة للاستهلاك، حيث تصبح طرية، ومائية، وتظهر بها روائح غير مرغوب فيها. كما يكون لمعاملة الثمار غير الناضجة بالإثيلين تأثيرات غير مرغوب فيها كذلك. وتلك أمور ترجح ألا تكون ثمار البطيخ كلايمكتيرية لأن معاملتها بالإثيلين تؤدى فقط إلى التعجيل ببداية العمليات التى تؤدى

إلى النضج وقد أكدّ ذلك Elkashif وآخرون (١٩٨٩) من دراستهم التي حصدوا فيها ثمار البطيخ في مراحل مختلفة من التكوين والنضج وعاملوها بالإثيلين بتركيز ٥٠ ميكروليتر/لتر، ووجدوا أن تلك المعاملة كان لها تأثير سلبي على الثمار في جميع مراحل التكوين، حيث تدهورت المشيمة وأصبحت مائية، وازداد معدل تنفس الثمار كثيرًا ما استمرت المعاملة بالغاز، ثم عاد التنفس إلى معدله السابق قبل المعاملة بمجرد إيقافها

تؤدى معاملة البطيخ بالإثيلين إلى إحداث زيادة في نشاط الإنزيمات المؤكسدة oxidative والمحللة hydrolytic (Karakurt & Huber ٢٠٠٨).

ويؤدى تعريض ثمار البطيخ للإثيلين إلى جعل أنسجة الثمرة تبدو مائية المظهر كما أسلفنا – وهي نفس الظاهرة التي تحدث جراء تعرض النباتات قبل الحصاد لظروف بيئية قاسية، وما يستتبع ذلك من زيادة إنتاج الثمار للإثيلين (Lee & Ko ٢٠٠٨) ويصاحب التعرض للإثيلين من مصدر خارجي بتركيز ٥٠ ميكروليتر/لتر على ٢٠°م زيادة في نشاط إنزيمي: phospholipases، و lipoxygenase، وانخفاض في محتوى كل من. phosphatidylcholine، و phosphatidylinositol، وزيادة في الـ phosphatidic acid بدأت تلك التغيرات في الظهور في خلال يومين من التعرض للإثيلين، وتزامن ذلك مع طراوة الثمار، وزيادة في التسرب الأيوني، والمظهر المائي وفي مقابل ذلك لم تصبح الثمار التي تركت في الهواء العادي لمدة ثماني أيام مائية المظهر، وظل مستوى نشاط الإنزيمات المحللة للدهون والفوسفوليبدات فيها ثابتًا أما تعريض الثمار للـ 1-methylcyclopropene (اختصارًا. 1-MCP) بتركيز ٥ ميكروليتر/لتر لمدة ١٨ ساعة قبل معاملتها بالإثيلين فإنه قلل من الزيادات التي أحدثتها معاملة الإثيلين في نشاط الإنزيمات المحللة للدهون. وفي تحلل الفوسفوليبدات، ومنعت المعاملة تطور المظهر المائي نهائيًا، وكذلك منعت الزيادة في التسرب الأيوني. ويستفاد من ذلك أن معاملة ثمار البطيخ التامة النضج بالـ 1-MCP يحميها من التأثيرات الضارة التي تحدث جراء التعرض

لمصدر خارجي للإثيلين. وقد استفادت — كذلك — ثمار البطيخ التى خزنت لمدة ٣ أسابيع على ١٣°م دون التعرض لمصدر خارجي للإثيلين من المعاملة بالـ 1-MCP قبل التخزين (Mao وآخرون ٢٠٠٤).

## الظروف المناسبة للتخزين والشحن والتغيرات الثمرية المصاحبة لهما

تتراوح درجة الحرارة المثلى لتخزين ثمار البطيخ بين ١٠ و ١٢°م. ويؤدى تعرض الثمار لدرجات حرارة أقل من ذلك إلى إصابتها بأضرار البرودة، وبهتان لون لُب الثمرة، فيصبح أحمر فاتحاً أو برتقاليًا. وتتجمد ثمار البطيخ إذا تعرضت لدرجة حرارة تقل عن -٠,٤°م.

تخزن ثمار البطيخ لمدة أسبوعين على حرارة ١٠-١٥°م، ولمدة تصل إلى ثلاثة أسابيع على حرارة تتراح بين ٧ و ١٠°م، مع رطوبة نسبية تتراوح بين ٨٥٪ و ٩٠٪، لتجنب فقد الثمار لرطوبتها ولمعان سطحها ويفضل تخزين الثمار التى قاربت على اكتمال التكوين (Slightly Immature) على حرارة ١٦°م، ولكن مع عدم توقع أى تحسُّن فى صفاتها.

وتعد جميع أصناف البطيخ حساسة لأضرار البرودة إذا خزنت ثمارها فى حرارة تقل عن ٧°م؛ فتظهر نقر سطحية، وصبغات بنية على قشرة الثمرة ويتكون بها طعم وروائح غير مرغوب فيها بعد أسبوع واحد من التخزين فى هذه الظروف. كما تفقد الثمار لونها الأحمر القاتم فى المخازن المبردة، بينما يتحسن لون وطعم الثمار بعد أسبوع واحد من الحصاد إذا خزنت فى حرارة ٢١°م (Lutz & Hardenburg ١٩٦٨، و Suslow ٢٠٠٧)، ولكنها قد تتعرض للإصابة بالأعفان.

وقد وجد Picha (١٩٨٦) أنه يمكن تقليل حدة الأعراض الخارجية لأضرار البرودة — خاصة ظهور الصبغات البنية على قشرة الثمرة — بوضع الثمار فى حرارة ٢٦°م لمدة أربعة أيام قبل التخزين فى درجة الحرارة المنخفضة. وأدت هذه المعاملة إلى تأخير

ظهور أعراض البرودة إلى اليوم الثانى عشر من التخزين فى درجة الصفر المئوى، بالمقارنة بظهورها فى اليوم الرابع فى حالة التخزين فى درجة الصفر المئوى بعد الحصاد مباشرة.

كذلك وُجِدَ أن تعريض ثمار البطيخ لحرارة ٢٦°م لمدة ٣ أيام قبل تخزينها على حرارة ١°م قلل إصابتها بأضرار البرودة، وأدى إلى زيادة نسبة الثمار الصالحة للتسويق بعد التخزين، ولكنها لم تلغ المشكلة تمامًا (Risse وآخرون ١٩٩٠، و Rushing ٢٠٠٤)

هذا ويقل سمك قشرة الثمرة مع اكتمال تكوينها وأثناء تخزينها، ويحدث الأمر ذاته بالنسبة لدكنة اللون الأحمر للُب الثمرة، إلا أن نسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية لا تتغير بعد الحصاد أيًا كانت حرارة التخزين.

وقد وجد أنه بعد سبعة أيام من تخزين ثمار البطيخ على ٢٠°م فى ٨٥٪ رطوبة نسبية، انخفض محتوى السكريات المختزلة بمقدار ٤٢,٥٪، ثم بمقدار ٣,٨٪ أخرى بعد أسبوع إضافى، على الرغم من أن محتوى السكريات الكلية والذائبة لم يتغيرا خلال الأسبوع الأول، ولكنهما انخفضا بنهاية الأسبوع الثانى بمقدار حوالى ١٥٪ (Radulovic وآخرون ٢٠٠٧).

## التصدير

### نوعيات الثمار التى يجب فرزها وعدم تصديرها

من الضرورى أن تكون ثمار البطيخ المصدَّرة منتظمة الشكل، وقد يرجع عدم انتظام الشكل إلى ما يلى:

١– وجود الثمرة على جزء غير مستو من الأرض.

٢– حدوث ضرر للثمرة وهى صغيرة الحجم

٣– ضعف التلقيح، وخاصة فى الثمار الطويلة التى يؤدى ضعف التلقيح فيها إلى ظهور حالة عنق الزجاجة bottlenecks، والتى يتقلص فيها النمو عند طرف العنق وقد يرجع ضعف التلقيح إما إلى عدم وجود النحل بأعداد كافية، وإما إلى سوء الأحوال

الجوية، علمًا بأنه يلزم نقل النحل لما لا يقل عن ١٠٠٠ حبة لقاح على ميسم الزهرة بفصوصه الثلاثة لإنتاج ثمرة متجانسة في النمو.

كذلك يجب استبعاد الثمار المصابة بالأمراض وبالعيوب الفسيولوجية، مع إعطاء اهتمام خاص بالعيوب غير الظاهرة، كالقلب الأجوف.

تزداد ظاهرة القلب الأجوف — التي لا تعرف مسبباتها — في البطيخ اللابذرى، وفي العقد الأول على النبات الذى يعرف باسم crown set.

## الأضرار الشائعة الحدوث في رسائل البطيخ المصدرة ووسائل تجنبها

يجب عدم تعريض ثمار البطيخ لغاز الإثيلين بعد الحصاد أو أثناء التخزين والشحن، حيث تستجيب كلا من الثمار غير المكتملة النضج والثمار الناضجة للغاز، حتى ولو لم يتعد التركيز ٥ أجزاء في المليون؛ فتصبح زائدة النضج ويقل سمك قشرة الثمرة، ويفقد اللُب صلابته. ولذا .. فإن ثمار البطيخ يجب ألا تشحن مختلطة مع الثمار الأخرى المنتجة للإثيلين.

وترجع معظم الخسائر التي تحدث في رسائل البطيخ المصدَّرة أثناء شحنها إلى زيادة نضج الثمار، وتشققها، وتفلقها، وجميعها مشاكل يكون مردها إلى حالة نضج الثمار المصدرة وطريقة تعبئتها وتداولها. فالثمار المكتملة النضج تكون أكثر عرضة للإصابة بالأضرار ويجب تداولها بحرص. ويجب عدم إسقاط أو قذف الكراتين المعبأة بالثمار، وتجنب زيادة ملأ الكراتين أكثر مما ينبغي. كما أن بقاء الثمار لفترات طويلة في الحاويات المغلقة للطائرات يسمح بتراكم الإثيلين وارتفاع حرارتها؛ مما يؤدى إلى سرعة تدهورها.

وأكثر الأضرار الميكانيكية حدوثًا هي الخدوش في الطرف الزهرى للثمار، ولكن الخدوش والخرق يمكن أن يحدثان في جوانب الثمرة كذلك. وتحدث التشققات والتفلقات عند تداول الثمار بخشونة، وخاصة وهي باردة أثناء سلسلة التبريد.

**ومن أكثر الأمراض خطورًا على ثمار البطيخ بعد الحصاد وأثناء الشحن والتخزين، ما يلى:**

١- الأنثراكنوز:

يسبب مرض الأنثراكنوز الفطر *Colletotrichum lagenarium*، ويتميز بظهور بقع خضراء قاتمة أو حلقية أو طويلة على سطح الثمار تزداد هذه البقع فى المساحة تدريجيًا، وتكتسب لونًا بنيًا، ثم تصبح غائرة. وتكون إصابة الثمار تلك كامنة بها من قبل الحصاد، ولكنها لا تظهر إلا أثناء الشحن، وخاصة إذا تأخر تبريد الثمار، مع ارتفاع الرطوبة النسبية.

٢- عفن الطرف الساقى:

يسبب مرض تعفن الطرف الساقى Stem End Rot الفطر *Diplodia natalcnsis*، ويتميز بظهور مناطق بنية طرية مائية المظهر فى الطرف الساقى للثمرة (طرف العنق) يبدأ العفن – عادة – فى سطح العنق المقطوع، كما قد يحدث أيضًا من خلال الجروح والخدوش ويفيد قطع عنق الثمرة بطول ٣ سم مع معاملته بمظهر فطرى، أو بالشمع فى الحد من الإصابة بهذا المرض.

## البطيخ المجهز للمستهلك

لا يستفيد البطيخ المجهز للمستهلك fresh-cut – كثيرًا – من الـ MAP، حيث لم تزداد فترة صلاحيته للتخزين، ولم ينخفض معدل تنفسه إلا على حرارة ١-٣°م مع زيادة تركيز الأكسجين عن ١٤٪ (Fonseca وآخرون ٢٠٠٤).

ولقد أدى حفظ مكعبات البطيخ المجهزة فى أوعية مغلقة من البولسترين على ٢°م لمدة استمرت حتى ١٠ أيام إلى ازدياد تركيز ثانى أكسيد الكربون وانخفاض تركيز الأكسجين خطيًا مع فترة التخزين حتى وصل التركيز إلى ١٠٪ لكل منهما بعد ١٠ أيام وصاحب التخزين تحت هذه الظروف انخفاضًا طفيفًا فى محتوى المواد الصلبة الكلية والليكوبين، وذلك بنسبة وصلت بعد ٧ أيام إلى ٦٪، و ١١٪ على التوالى، أما

البيتاكاروتين والـ *cis*-lycopene فقد كانا بتركيز ٢، و ٦ مجم/كجم — على التوالى — ولم يتغير تركيزهما مع التخزين (Perkins-Veazie & Collins ٢٠٠٤).

وأدت معاملة مكعبات البطيخ المجهزة للمستهلك بالأشعة فوق البنفسجية سى UV-C إلى خفض العد الميكروبى بها بعد المعاملة مباشرة. وبعد ١١ يومًا من المعاملة على ٥ °م، كانت أعداد البكتيريا الـ mesophilic، والـ psycrophilic، والـ enterobacteria أقل جوهريًّا عما فى الكنترول. وتبعًا لاختبارات التذوق، فإن الكنترول ومعاملة الجرعة المنخفضة من الـ UV-C (١,٦، و ٢,٨ كيلوجول/م٢) أمكنها المحافظة على جودة الطعم بها لمدة ١١ يومًا على ٥ °م، مقارنة بثمانى أيام فقط فى معاملة الجرعات المتوسطة والعالية من الـ UV-C (٤,٨، و ٧,٢ كيلوجول/م٢). وبينما انخفض محتوى الليكوبين بمقدار ١٦٪ بعد ١١ يومًا من التخزين على ٥ °م — فى كل من الكنترول ومعاملة الـ UV-C بالجرعة العالية — فإن المعاملة بالجرعة المنخفضة (٢,٨ كيلوجول/م٢) حافظت على محتواها من الليكوبين. ولم تؤثر معاملة الأشعة فوق البنفسجية على محتوى البطيخ المجهز من فيتامين جـ، كما لم تؤثر على كل من نشاط الكاتاليز catalase والمحتوى الفينولى الكلى اللذان انخفضا كثيرًا خلال كل فترة التخزين، على الرغم من ازدياد النشاط الكلى لمضادات الأكسدة خلال نفس الفترة، دون أن تكون لمعاملات UV-C علاقة بذلك. وكاستنتاج رئيسى من تلك الدراسات، يمكن اعتبار أن تعريض مكعبات البطيخ المجهزة للمستهلك وسيلة واعدة للمحافظة على صفات الجودة العامة بها (Artéz-Hernández وآخرون ٢٠١٠).



الفصل الخامس

# الخيار

## مرحلة النضج المناسبة للحصاد

يبدأ حصاد الخيار عادة بعد ٤٥–٦٠ يومًا من الزراعة، وتقل المدة عن ذلك قليلاً فى حالة خيار التخليل، كما أنها تتوقف على الصنف ودرجة الحرارة، فيكون الحصاد أكثر تبكيرًا فى الصنف البلدى وفى الجو الحار.

وتستغرق ثمار الصنف البلدى، وخيار التخليل نحو ٤–٥ أيام من تفتح الزهرة إلى الحصاد. أما أصناف الاستهلاك الطازج الأمريكية الطويلة .. فإن ثمارها تستغرق من ١٥–١٨ يومًا حتى تصل إلى الحجم المناسب للحصاد. وتكون ثمار طراز البيت ألفا وسطًا بينهما.

وعمومًا .. فإن حصاد الخيار يتم على أساس حجم الثمرة، والغرض من الزراعة، فتجمع ثمار أصناف التخليل وكذلك الصنف البلدى عندما يصل طول الثمرة إلى ٨–١٥ سم، وذلك لأنها تصبح زائدة النضج إذا زاد طولها عن ذلك. وتجمع ثمار الصنف بيت ألفا عندما يتراوح طولها من ١٥–١٨ سم، وتجمع ثمار الأصناف الأمريكية الطويلة عندما يبلغ طولها من ٢٠–٢٥ سم، وتجمع ثمار الزراعات المحمية الطويلة جدًّا عندما يتراوح طولها من ٣٥–٤٠ سم. وقد تحصد الثمار لغرض التخليل وهى بطول ٣–٥ سم، وعلى الرغم من أنها تباع بأسعار عالية إلا أن ذلك لا يعوض النقص الشديد فى المحصول الذى يحدث عند حصاد الثمار وهى بهذا الحجم.

هذا ويرتبط لون الأشواك التى توجد بثمار الخيار بكل من لون الثمار الناضجة نباتيًا وشبكيتها، فالثمار التى توجد بها أشواك بيضاء تكون خضراء فاتحة اللون إلى صفراء عند النضج وتكون شبكية، بينما تلك التى تكون أشواكها سوداء تصبح برتقالية أو بنية اللون عند النضج وقد تكون شبكية.

## العوامل السابقة للحصاد التى تؤثر فى القدرة التخزينية لثمار الخيار

ترتبط القدرة التخزينية للخيار الإنجليزى ذات الثمار الطويلة – إيجابيًّا – بمدى دكنة اللون الأخضر للثمار عند الحصاد، الأمر الذى يزداد بخف الثمار، وبزيادة معدلات التسميد، كما تزيد دكنة اللون الأخضر فى الثمار التى تحصد من العقد العليا للنبات عما فى تلك التى تحصد من العقد السفلى (Lin & Ehret ١٩٩١). والسبب فى ذلك الارتباط أن القدرة التخزينية تتوقف على سرعة فقد الثمار للونها الأخضر، وبفرض أن ذلك الفقد يحدث بمعدل ثابت، فإن مدة التخزين سوف تتوقف – تلقائيًّا – على شدة اللون الأخضر للثمار منذ البداية. ويرجع هذا اللون الأخضر إلى صبغة الكلوروفيل التى يزداد تكوّنها بزيادة التعرض للضوء – كما فى أعلى النباتات – وبزيادة شدة الإضاءة. وتفيد نظم تربية الخيار رأسيًّا التى تسمح بمرور الضوء خلال النموات الخضرية فى جعل الثمار أكثر اخضرارًا وأفضل قدرة على التخزين (Klieber وآخرون ١٩٩٣). وقد وجد أن استعمال لمبات الصوديوم ذات الضغط العالى فى زيادة قوة الإضاءة أدى إلى زيادة القدرة التخزينية للثمار (Lin & Jolliffe ١٩٩٥).

ومن المعلوم أن الأوراق التى لا تتعرض لضوء كاف تكون شاحبة اللون ويقل محتواها من الكلوروفيل، كذلك يقل محتوى الأوراق من الكلوروفيل بانخفاض نسبة الضوء الأحمر إلى الأشعة تحت الحمراء، علمًا بأن الضوء الأحمر يرتبط ببطء تحلل الكلوروفيل خلال فترة الشيخوخة.

وعند إنتاج الخيار الإنجليزى (ذات الثمار الطويلة جدًّا) فى الصوبات نجد أن النبات يستمر فى الإنتاج لفترة قد تصل إلى ١٠ شهور أو ١١ شهرًا، وهى فترة طويلة جدًّا تتعرض خلالها النباتات لتغيرات كبيرة فى الفترة الضوئية وشدة الإضاءة. كما أن كثافة النمو الخضرى تختلف باختلاف طريقة تربية المحصول وباختلاف عمر النبات؛ وهى أمور تؤثر بكل تأكيد على شدة الضوء التى تصل إلى الثمار. ونجد فى بداية عمر النبات أنه يربى على ساق واحدة، ثم بعد وصوله إلى السلك العلوى فإنه يقلم قميًّا ويربى على ٤–٦ فروع، الأمر الذى يترتب عليه شدة تزاحم النمو الخضرى، وانخفض

شدة الإضاءة في وسط النموات الخضرية وانخفاض نسبة الأشعة الحمراء إلى الأشعة تحت الحمراء.

وفي زراعات الخيار المحمية أدى نظام التربية الذى سمح بتخلل أكبر للضوء خلال النموات الخضرية بزيادة اخضرار الثمار وزيادة فترة صلاحيتها للتخزين (Klieber وآخرون ١٩٩٣).

وقد وجد Lin & Jolliffe (١٩٩٦) علاقة طردية بين شدة الإضاءة التي تتعرض لها الثمار وبين قدرتها على التخزين، حيث كان متوسط القدرة التخزينية يومًا واحدًا، وخمسة، وثمانية أيام فى الثمار التى تعرضت لـ ٣١٪، و ٦٦٪، و ١٠٠٪ من الضوء الطبيعي، على التوالي. كما كانت الثمار التي غطيت بفلتر منفذ للأشعة الحمراء أكثر اخضرارًا من تلك التي غطيت بمرشح منفذ للأشعة تحت الحمراء، وتأكد ذلك باستعمال مصادر متنوعة للإضاءة الصناعية تختلف فى نسبة ما يصدر عنها من أشعة حمراء إلى أشعة تحت حمراء. وفى جميع الحالات كان هناك ارتباط إيجابى بين شدة اللون الأخضر فى الثمار وفترة صلاحيتها للتخزين.

كذلك وجد أن القدرة التخزينية لثمار الخيار تنخفض بزيادة عمر الثمار عند الحصاد.

واقترح بعض الباحثين أن العوامل التى تحفز النمو القوى للثمار يترتب عليها زيادة قدرتها التخزينية وظهر أن سرعة استطالة الثمار قبل الحصاد ترتبط بزيادة قدرتها التخزينية (Jolliffe & Lin ١٩٩٧).

كما يلعب محتوى ثمار الخيار من الفوسفور دورًا بالغ الأهمية فى قدرة الثمار على الاحتفاظ بجودتها بعد الحصاد وعلى مختلف صفاتها آنذاك ففى دراسة أنتجت فيها ثمار الخيار (الإنجليزى الطويل عديم البذور) فى ظروف انخفاض فى مستوى التسميد الفوسفاتي كان محتوى الثمار من العنصر حوالى ٤٥٪ من محتوى الثمار التى أنتجت فى ظل وفرة العنصر، وقد صاحب انخفاض محتوى الثمار من العنصر انخفاضًا فى محتوى الجدار الثمرى الوسطى mesocarp من الفوسفوليبيدات phospholipids،

وانخفاضًا مماثلاً فى درجة تشبع الأحماض الدهنية، ومعدلاً أعلى للتسرب الأيونى عما فى الثمار الغنية بالعنصر كذلك كان معدل التنفس فى الثمار الفقيرة فى العنصر أعلى بمقدار ٢١٪ عما فى الثمار الغنية به على مدى ١٦ يومًا بعد الحصاد على ٢٣ °م. وبالإضافة إلى ما تقدم بيانه، فإن الثمار الفقيرة فى الفوسفور ظهر فيها كلاميكتيرك تنفسى بدأ بعد نحو ٤٠ ساعة من الحصاد ووصل إلى أقصاه بعد ٧٢ ساعة من الحصاد، ثم انخفض إلى معدله السابق للكلايمكتيرك بعد ٩٠ ساعة من الحصاد وقد كان الفرق فى معدل التنفس بين الثمار الفقيرة فى العنصر والغنية فيه ٥٧٪ أثناء الكلايمكتيرك هذا مع العلم بأن الكلايمكتيرك – الذى ظهر فقط فى الثمار الفقيرة فى الفوسفور – لم يكن مصاحبًا بزيادة فى إنتاج الثمار للإثيلين أو بالنضج ويعنى ذلك أن التغذية بالفوسفور يمكن أن تؤثر على فسيولوجيا بعد الحصاد فى ثمار الخيار بتأثيرها على كيمياء الدهون بالأغشية الخلوية، وسلامة الأغشية، وأيض التنفس (Knowles وآخرون ٢٠٠١).

كذلك وجد أن قدرة ثمار التخليل على التخزين ونوعية الثمار بعد تخليلها تتحسن كثيرًا برش النباتات – قبل الحصاد – بكل من البوتاسيوم بتركيز ١٠٠ جزء فى المليون مع الكالسيوم بتركيز ٥٠٠٠ جزء فى المليون (Bakr & Gawish ١٩٩٣).

هذا . ويفيد توفير الرطوبة الأرضية للنباتات قبل الحصاد، وتبريد الثمار أوليًا بالماء البارد على حرارة ٥ ٨ °م، وتخزينها فى حرارة ١٥ °م، ورطوبة نسبية عالية (حوالى ٨٥٪) . يفيد ذلك كله فى الحد من ظهور الثمار الإسفنجية فى خيار التخليل بعد الحصاد (Navazio & Staub ١٩٩٤).

## الحصاد

يجرى الحصاد يدويًا غالبًا، لكنه قد يجرى آليًا كذلك ويستمر الحصاد اليدوى لمدة تتراوح من شهر إلى شهرين، وتتوقف المدة على الظروف البيئية السائدة، ومدى سلامة النمو الخضرى من الإصابة بالآفات ويكون الحصاد عادة كل يومين أو ثلاثة أيام فى

بداية موسم الحصاد، ثم يوميًا بعد ذلك، وتزيد المدة بين مرات الجمع إلى ٥ إلى ٧ أيام في الجو البارد. ويؤدي تأخير الحصاد — ولو إلى أيام قليلة — إلى تخطي الثمار للطور المناسب للتسويق. ويلزم في هذه الحالة حصادها والتخلص منها بدلاً من تركها على النبات، وذلك لأن تكوين ونضج البذور يستنفذ جزءًا كبيرًا من طاقة النبات، ويمنع نمو الثمار الأخرى، ويقلل سرعة النمو الخضرى والمحصول.

ويلزم عند إجراء الحصاد يدويًا ترك جزء من عنق الثمرة متصلاً بها، وأخذ الحيطة حتى لا تحدث أضرار للنمو الخضرى.

أما الحصاد الآلى .. فإنه يجرى مرة واحدة؛ لذا فإنه يتم توقيت موعده بحيث يمكن الحصول على أكبر عدد من الثمار ذات النوعية الجيدة من كل نبات. ولقد وجد في إحدى الدراسات أن أنسب موعد للحصاد هو عندما يتراوح وزن الثمار — التي يزيد قطرها عن ٥ سم — بين ١٤٪ و ٣١٪ من وزن الثمار الكلى بالحقل. وتتراوح نسبة النباتات التي تكون مثمرة عند الحصاد في تلك المرحلة بين ٩١٪ و ٩٧٪، ويكون متوسط عدد الثمار بالنبات حوالى ١,٢٧ ثمرة. وتجدر الإشارة إلى أن كثافة الزراعة تراوحت في هذه الدراسة من ٧٠ إلى ١٠٠ ألف نبات بالفدان. ويمكن عمليًا تحديد مرحلة النمو هذه، والتي ينصح فيها بإجراء الحصاد الآلى عندما تلاحظ ثمار يزيد قطرها عن ٥ سم (Miller & Hughes ١٩٦٩).

ويوصى في كاليفورنيا بأن يجرى الحصاد الآلى عندما يلاحظ وجود نحو خمس ثمار، وقد بدأت في الاصفرار من جهة طرفها الزهرى في كل أربعة أمتار ونصف (١٥ قدمًا) من خط الزراعة المزدوج (ينطبق ذلك على الأصناف ذات الأشواك السوداء، وهي التي تظهر عليها ظاهرة الاصفرار من جهة الطرف الزهرى مبكرًا عند النضج). ويؤدى أى تأخير في الحصاد إلى زيادة كبيرة في حجم الثمار قد تصل إلى ٤٠٪ في خلال ٢٤ ساعة، ويصاحب ذلك نقص في قيمة المحصول يتراوح بين ٥٪ و ١٥٪، وقد تفقد قيمتها التسويقية كلية، ويصبح الحقل غير صالح للحصاد. لذا .. فمن الضرورى أن يتواجد المزارع في الحقل منذ اليوم الأول لظهور الثمار الصفراء، وأن يتابع الحالة بنفسه

يوميًا، وذلك لأن الثمار الصفراء قد تكون مختفية تحت النموات الخضرية ويفضل نزع بعض النباتات، وفصل ثمارها، وتقسيمها حسب الحجم

ويجب البدء بالحصاد مبكرًا قبل الموعد المثالي؛ لأن عملية الحصاد الآلي تتطلب بعض الوقت حتى ينتظم العمل، ويحقق القائمون عليه أعلى كفاءة ممكنة ومن الضروري مراقبة فريق العمل جيدًا للتأكد من استبعاد كافة الثمار غير المرغوبة فيها، ومن أنه لا تستبعد نسبة كبيرة من الثمار الصالحة للتسويق. ويلاحظ دائمًا أن تتناسب سرعة الآلة مع قدرة العمال القائمين بالعمل عليها وفي حالة التأخير عن الجدول المقرر للحصاد . يحسن عمل نوبة عمل أخرى ليلية. وإذا تأخر حصاد حقل عن موعده فإنه يستحسن تركه، والانتقال إلى الحقل التالي حتى لا يصبح متأخرًا هو أيضًا (Sims & Zahara ١٩٧٨)

وقد قام اليابانيون على إنتاج آلة حصاد يمكنها – بواسطة إنسان آلي Robot – حصاد الثمار التي وصلت إلى مرحلة النضج الاستهلاكي فقط، وتم تجريب أول طراز من تلك الآلة بنجاح (Arima وآخرون ١٩٩٦)

## عمليات التداول

### التدريج

يُدرّج الخيار الذي يؤكل طازجًا على أساس الحجم والشكل والمظهر العام. أما خيار التخليل .. فيدرج على أساس الحجم، مع أخذ الشكل والمظهر العام في الاعتبار أيضًا.

### التشميع والمعاملة بالمطهرات الفطرية

يشمع الخيار الذي يؤكل طازجًا عادة بعد التدريج والغسيل أو التنظيف بالفرش، إذ يعمل التشميع على تأخير انكماش الثمار، وتحسين مظهرها، ويساعد على عدم فقدها لصلابتها أثناء الشحن والتسويق وتستعمل أنواع مختلفة من الشموع والزيوت المعتمدة لهذا الغرض.

ويمكن إطالة مدة حفظ الثمار فى حرارة ٧°م بتغليفها بأغشية خاصة ( film wrapping)، أو بتشميعها، أو بمعاملتها بمطهر فطرى. ومع أن التشميع كان أكثر فاعلية من التغليف فى حفظ الثمار، إلا أن الثمار المعاملة حدثت بها نسبة عالية من العفن فى خلال ثلاثة أيام من النقل إلى حرارة ٢١°م سواء أكان ذلك بعد ١٤ يومًا أم بعد ٢١ يومًا من التخزين فى ٧°م، كذلك ازدادت نسبة العفن فى الثمار المغلفة عما فى غير المغلفة، ولكن ذلك لم يحدث إلا بعد ٢١ يومًا من التخزين فى ٧°م. وقد أدى غمس الثمار فى محلول من المطهر الفطرى إمازاليل imazalil إلى نقص الإصابة بالعفن، حتى ولو كان التخزين لمدة ٢١ يومًا. وقد وجد أن التشميع يؤدى إلى زيادة التنفس اللاهوائى، وظهور مركبات متطايرة تدل عليه، مثل: الأسيتالدهيد، والإيثانول، والميثانول (Risse وآخرون ١٩٨٧).

وأوضحت دراسات Purvis (١٩٩٤) أن الفقد الرطوبى من ثمار الخيار ينخفض عند تشميعها، وأن فاعلية الشموع فى خفض الفقد الرطوبى تزداد بزيادة تركيزها. كذلك أدى التشميع إلى زيادة تحمل الثمار لأضرار البرودة عند تخزينها فى حرارة ٥°م، إلا أن الحرارة المنخفضة (٥°م مقارنة بحرارة ١٥°م) ساعدت على تكوين شقوق فى طبقة الشمع أدت إلى زيادة فقد الرطوبة من الثمار.

## التبريد الأوّلى

لا تجرى عملية التبريد الأوّلى عادة على محصول الخيار المعد للاستهلاك السريع الطازج، ولكنه يُبرد إلى الدرجة المطلوبة فى الحاويات أو فى المخازن المبردة، ويستثنى من ذلك المحصول الذى يُحصد فى وسط النهار أثناء ارتفاع درجة الحرارة، حيث يوصى بتبريده أوليًا بطريقة الغمر فى الماء البارد (Salunkhe & Desai ١٩٨٤).

ويمكن تبريد الخيار أوليًا بطريقة الدفع الجبرى للهواء، أو باستعمال ماء مثلج تقل حرارته عن حرارة التخزين الموصى بها للخيار وهى ١٠°م، ولكن لا يجوز أن تنخفض حرارة الماء عن ٦°م، أو تبريد الخيار أوليًّا إلى تلك الدرجة، أو تعريض الثمار لحرارة

تقل عن ١٠°م لأكثر من ست ساعات، حتى لا تصاب الثمار بأضرار البرودة (DeEll وآخرون ٢٠٠٠)

## فسيولوجيا الخيار بعد الحصاد

تُصنف ثمار الخيار على أنها غير كلايمكتيرية، إلا إنه تحدث زيادة في إنتاج الإثيلين تسبق فقد الثمار المكتملة التكوين للكلوروفيل

تنتج ثمار الخيار الإثيلين بعد حصادها، ويزداد معدل إنتاج الغاز في الثمر الصغيرة الحجم عما في الثمار الكبيرة لكل كيلوجرام من الثمار، وفي الثمار التي تحصد آليًا عما في الثمار التي تحصد يدويًا، كما يتأثر معدل التنفس بطريقة مماثلة لتأثير إنتاج الإثيلين (عن Salunkhe & Desai ١٩٨٤).

ويتراوح معدل إنتاج ثمار الخيار للإثيلين بين ٠٫١ و ١٫٠ ميكروليتر/لتر في الساعة على ٢٠°م

وثمار الخيار شديدة الحساسية للإثيلين، حيث يؤدي تعرضها لمصدر خارجي من الغاز إلى اصفرارها وتحللها حتى ولو كان التركيز ١–٥ أجزاء في البليون. ولذا يجب عدم تخزين أو شحن الخيار مختلطًا بالثمار المنتجة للغاز مثل الموز والكنتالوب والطماطم.

ويتباين معدل تنفس ثمار الخيار حسب درجة الحرارة، كما يلي:

| الحرارة (°م) | معدل التنفس (مجم ثاني أكسيد كربون/كجم في الساعة) |
|---|---|
| ١٠ | ١٢–١٥ |
| ١٥ | ١٢–١٧ |
| ٢٠ | ٧–٢٤ |
| ٢٥ | ١٠–٢٦ |

كذلك يتباين معدل تنفس الثمار – في حرارة تزيد عن ١٠°م – حسب مرحلة

اكتمال تكوينها، حيث يزداد معدل التنفس فى الثمار الأقل اكتمالاً فى التكوين (Suslow & Cantwell ٢٠٠٧).

ويبقى مستوى المركب 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid (اختصارًا: ACC)، وإنتاج الإثيلين منخفضًا أثناء تعرض الثمار لحرارة ٢,٥°م، ولكنهما يزيدان سريعًا بعد نقلها لحرارة ٢٥°م (عن Lipton & Wang ١٩٨٧)

## معاملات خاصة يُعطاها الخيار قبل التخزين والشحن

قد تُعطى ثمار الخيار معاملات معينة قبل التخزين والشحن أو أثناء التخزين؛ بهدف حمايتها من الإصابة بأضرار البرودة، أو المحافظة على جودتها، أو للهدفين معًا. وبينما تطبق بعض هذه المعاملات تجاريًّا، فمازال بعضها الآخر قاصرًا على النطاق البحثى.

### المعاملة الحرارية قبل التخزين البارد

وجد أن غمر ثمار الخيار فى ماء تبلغ حرارته ٤٢°م لمدة ٣٠ دقيقة أدى إلى زيادة تحملها لأضرار البرودة فيما بعد، وتمثل ذلك فى نقص التسرب الأيونى منها (McCollum & McDonald ١٩٩٣).

وفى دراسة لاحقة أوضح McCollum وآخرون (١٩٩٥) أن تخزين ثمار الخيار على ٢,٥°م ترتب عليه حدوث زيادة كبيرة فى التسرب الأيونى — الذى يعد أحد أهم دلائل أضرار البرودة — وأن ذلك التسرب نقص جوهريًا بغمر الثمار — قبل تخزينها فى حرارة ٢,٥°م — فى ماء دافئ أو ساخن لمدة ٣٠ دقيقة. وقد ازداد النقص فى التسرب الأيونى من جرّاء التخزين فى الحرارة المنخفضة مع زيادة درجة حرارة الماء الذى غمرت فيه الثمار مسبقًا من ٢٥ إلى ٤٢°م. وكان إنتاج ثانى أكسيد الكربون والإثيلين فى الثمار التى تعرضت للحرارة المنخفضة لمدة أسبوعين ثم نقلت إلى حرارة ١٢°م أعلى عما فى الثمار التى لم تُعرض للحرارة المنخفضة، ولكن لم تظهر اختلافات بين معاملات الغمر فى الماء

الدافئ أو الساخن فيما يتعلق بإنتاج الثمار من غاز ثاني أكسيد الكربون، بينما أدت معاملة غمر الثمار في الماء الساخن قبل تخزينها في الحرارة المنخفضة إلى انخفاض إنتاجها من الإثيلين، وازداد هذا الانخفاض بزيادة درجة حرارة الماء الذي غمرت فيه الثمار من ٢٥ إلى ٤٢°م، واستمر هذا التأثير لمدة ٧٢ ساعة بعد نقل الثمار إلى ٢١°م، وتأثر محتوى الثمار من مركب ACC بتلك المعاملات مثلما تأثر إنتاجها من غاز الإثيلين. أما نشاط ACC oxidase فقد كان أعلى في الثمار التي لم تتعرض لأضرار الحرارة المنخفضة (وهي التي خزنت في حرارة ١٢°م) — عند بداية نقلها إلى حرارة ٢١°م — عما في الثمار التي تعرضت للحرارة المنخفضة، كما انخفض نشاط ACC oxidase بزيادة درجة حرارة الماء الذي غمرت فيه الثمار

## التدفئة المتقطعة أثناء التخزين البارد

التدفئة المتقطعة intermittent warming هي تعريض المنتجات المخزنة في حرارة منخفضة — لفترة واحدة أو أكثر من فترة — في حرارة مرتفعة ويجب أن تتم هذه المعاملة قبل أن تتقدم أضرار البرودة إلى مرحلة لا رجوع فيها، لأن ذلك إن حدث فهو يعني أن معاملة التدفئة تؤدي إلى إسراع ظهور أعراض البرودة، ولذا فإن توقيت معاملة التدفئة يعد أمرًا حيويًا، ومن الأهمية بمكان التعرف على بدايات حدوث أضرار البرودة

وقد اتبعت طريقة التدفئة المتقطعة في تجنب أضرار البرودة في كلّ من الليمون الأضاليا، والبامية، والخيار، والفلفل الحلو، والكوسة، والخوخ، والنكتارين ولكل محصول منها الفترات الحرجة — الخاصة به — المناسبة لمعاملة التدفئة.

فمثلاً وجد Cabrera & Saltveit (١٩٩٠) أن تدفئة ثمار الخيار بنقلها من ٢،٥°م إلى ١٢،٥°م لمدة ١٨ ساعة كل ثلاثة أيام قلل من أضرار البرودة التي ظهرت عليها وبالمقارنة فقد ظهرت أضرار شديدة للبرودة — تمثلت في تنقير شديدة وتحلل — عندما خزنت الثمار على حرارة ثابتة مقدارها ٢،٥°م لمدة ١٣ يومًا، وذلك بعد ستة أيام

من نقلها إلى ٢٠°م، بينما لم تظهر أية أعراض لأضرار البرودة عندما خزنت الثمار على حرارة ثابتة مقدارها ١٢,٥°م، ثم نقلت بعد ذلك إلى حرارة ٢٠°م.

وفي دراسة لاحقة (Caberara & Saltveit ١٩٩١) استعمل الباحثان التدفئة المتقطعة بالنظام السابق بيانه، ولكن على حرارة ٢٠°م بدلاً من ١٢,٥°م، ووجدا أنها منعت تمامًا ظهور أية أضرار للبرودة. من جرّاء التخزين على حرارة ٢.٥°م لمدة ١٣ يومًا، علمًا بأن الثمار التي لم تعامل بالتدفئة المتقطعة ظهرت عليها أضرار البرودة بعد أسبوع من نقلها من حرارة ٢,٥°م — التي ظلت فيها لمدة ٧ أيام — إلى حرارة ٢٠°م، وأن شدة هذه الأضرار ازدادت بزيادة فترة بقاء الثمار في الحرارة المنخفضة كذلك ظهرت نموات فطرية على الثمار التي خزنت على ٢,٥°م بعد أربعة أيام من نقلها إلى ٢٠°م، بينما لم يحدث ذلك في الثمار التي أعطيت معاملة التدفئة المتقطعة. وقد لوحظ حدوث زيادة مؤقتة في معدل تنفس الثمار وإنتاجها من الإثيلين خلال فترات التدفئة المتقطعة، وكانت تلك الزيادات أعلى في دورة التدفئة الأولى عما كان عليه الحال في دورتي التدفئة الثانية والثالثة

كذلك وجد أن أضرار البرودة ازدادت في ثمار الخيار بزيادة فترة تخزينها في حرارة ٢ أو ٤°م، وكان معدل التنفس والنشاط الأيضي في تلك الثمار أعلى مما في الثمار التي خزنت على حرارة ٢٠°م. وقد أدى تعريض الثمار للهواء الدافئ على حرارة ٤٠°م لمدة ٤٨ أو ٧٢ ساعة قبل تخزينها في حرارة ٤°م إلى استمرار معدل التنفس فيها بصورة طبيعية، وحصل على نتيجة مماثلة بتدفئة الثمار على فترات أثناء التخزين البارد. كذلك ازداد إنتاج الإثيلين والتسرب الأيوني بزيادة فترة التخزين البارد، وأمكن تجنب ذلك بتعريض الثمار لدورتين على الأقل من التدفئة على فترات هذا بينما لم تؤثر معاملة الثمار بكلوريد الكالسيوم معنويًا على حساسيتها لأضرار البرودة (Imani وآخرون ١٩٩٥).

ومن بين النظريات الافتراضية التي اقترحت لتفسير تأثير التدفئة المتقطعة أن رفع درجة الحرارة في وسط معاملة البرودة يحفز النشاط الأيضي، الأمر الذي يسمح للأنسجة النباتية بتصريف المركبات الوسطية أو المركبات السامة التي تتراكم خلال فترة التعريض

للبرودة، بتحويلها إلى مركبات غير ضارة. كذلك قد تسمح تدفئة الأنسجة لفترات قصيرة بمعالجة الأضرار التي تحدث للأغشية الخلوية، وعضيّات الخلية، والمسارات الأيضية خلال فترة التعريض للبرودة. كما قد تفيد التدفئة في إعادة توفير المركبات التي تستنفد أو التي لا يمكن تمثيلها خلال معاملة البرودة. وقد تلعب تلك التغيرات الحرارية الفجائية (من البرودة إلى الدفء ثم إلى البرودة) دورًا في زيادة تمثيل الأحماض الدهنية غير المشبعة، الأمر الذي يجعل الأغشية الخلوية أكثر مرونة، ويزيد من تحملها للحرارة المنخفضة (عن Wang ١٩٩٤).

## المعاملة بالـ 1-MCP

بينما أدى تعريض ثمار الخيار (الإنجليزي الطويل عديم البذور) لمصدر خارجي من الإثيلين بتركيز ٣–٥ ميكروليتر/لتر إلى إسراع تحلل محتواها من الكلوروفيل، فإن تبخيرها بالـ 1-MCP – قبل تعرضها المستمر للإثيلين – أدى إلى منع تحلل ما بها من كلوروفيل لمدة تراوحت بين ٩، و ١٤ يومًا، ولكن لم تكن للمعاملة بالـ 1-MCP فوائد أخرى (Nilsson ٢٠٠٥).

## المعاملة بحامض السلسيلك

كانت معاملة ثمار الخيار بحامض السلسيلك بتركيز ٠,٥ مللي مول قبل تخزينها لمدة ١٨ يومًا على ١°م عالية الكفاءة في خفض حساسيتها لأضرار البرودة. كذلك أدت تلك المعاملة إلى المحافظة على صلابة الثمار وعلى مستوى منخفض من محتواها من الـ malonaldehyde مقارنة بما حدث في ثمار الكنترول. هذا في الوقت الذي أدت فيه المعاملة بحامض السلسيلك إلى تأخير الانخفاض في محتوى الثمار من حامض الأسكوربيك ومحتوى جلدها من الكلوروفيل، كما ازداد في الثمار المعاملة نشاط إنزيمات الـ superoxide dismutase، والـ catalase، والـ peroxidase، والـ ascorbate peroxidase، والـ peroxidase، والـ phenylalanine ammonia lyase تحت ظروف شدّ حرارة التخزين المنخفضة. ويعني ذلك أن معاملة الخيار بحامض السلسيلك بتركيز ٠,٥

مللى مول تحميها بكفاءة عالية من الإصابة بأضرار البرودة على ١°م، وأن تلك الحماية تحدث من خلال زيادة المعاملة لنشاط الإنزيمات المضادة للأكسدة وللـ phenylalanine ammonia lyase (Cao وآخرون ٢٠٠٩).

## التخزين

### التخزين البارد العادى وأضرار البرودة

يخزن الخيار على ١٠-١٢,٥°م و ٩٥٪ رطوبة نسبية لمدة ١٤ يومًا، يتدهور بعدها سريعًا فى كل من مظهره وطعمه فبعد هذه الفترة يظهر على الثمار أعراض الانكماش والاصفرار والتحلل. وعلى حرارة أقل من ١٠°م تظهر على الثمار أعراض الإصابة بأضرار البرودة فى خلال ٢-٣ أيام.

ومن أهم مشاكل الثمار بعد حصادها اصفرارها، الأمر الذى يزداد معدله فى الثمار التى تحصد فى عمر متقدم، ولدى التعرض للإثيلين — ولو بتركيز ٠,١ جزءًا فى المليون لمدة ٤٨ ساعة — والتخزين فى حرارة منخفضة (Suslow & Cantwell ٢٠٠٧). كذلك تكون فترة التخزين أقصر فى الثمار ذات اللون الأخضر الفاتح عما فى الثمار ذات اللون الأخضر الداكن (عن Mattsson ١٩٩٣).

أما أصناف التخليل التى قد تُخزن ثمارها مؤقتًا لحين تخليلها فإنها توضع فى حرارة ١٠°م ورطوبة نسبية ٩٥٪. وتتفاوت الأصناف كثيرًا فى مدى قدرة ثمارها فى الاحتفاظ بنضارتها تحت هذه الظروف، فهى تتراوح — مثلاً — من ١٠ أيام فى الصنف Ohio MR200 إلى ٤٧ يومًا فى الصنف ماركتر Marketer (عن Robinson & Decker-Walters ١٩٩٧).

وتتعرض الثمار للإصابة بأضرار البرودة إذا خزنت فى حرارة تقل عن ٧°م لمدة أكثر من يومين. وتظهر هذه الأضرار على شكل بقع مائية، ونقر، وانهيار بأنسجة الثمرة، كما تتحلل أنسجة الثمرة بسرعة بعد إخراجها من المخزن. ويؤدى تخزين الثمار — فى حرارة تزيد عن ١٠°م — إلى سرعة اصفرارها، ويبدأ التغير فى اللون فى غضون يومين.

وتزداد سرعته إذا وجدت ثمار تفاح، أو غيره من الثمار المنتجة للإثيلين مع الخيار فى المخزن أما الرطوبة النسبية العالية فترجع أهميتها إلى منع الانكماش وذبول الثمار بسرعة أثناء التخزين (Lutz & Hardenburg ١٩٦٨).

وعلى الرغم من أن جميع أصناف الخيار تعد حساسة لأضرار البرودة، فإنه توجد بعض الاختلافات بين الأصناف والسلالات فى مدى تحملها لتلك الأضرار، فمثلاً يعتبر الصنف داشر ٢ Dasher II أكثر تحملاً من الصنف بوينست ٧٦ Poinsett 76 (عن Jennings & Saltveit ١٩٩٤).

ويوجد ارتباط قوى بين مدى فقد الثمار لرطوبتها خلال مدة خمسة أيام من التخزين على حرارة ٥°م ورطوبة نسبية ٦٥٪، وبين شدة أضرار البرودة التى تظهر عليها بعد يومين أو أربعة أيام من نقلها – بعد التخزين البارد – إلى حرارة ١٥°م ورطوبة نسبية ٨٥٪ (Purvis ١٩٩٥)

وقد ظهرت اختلافات بين أصناف الخيار فى حساسية ثمارها للإصابة بأضرار البرودة، وكانت الأصناف الأكثر مقاومة أعلى فى محتوى عصيرها (الإفرازات التى تظهر عند قطع الثمار) من المواد الصلبة، كذلك بدا أن ذلك المحتوى من المواد الصلبة يرتبط بدرجة إصابة الثمار بالتنقير (Cabrera & Saltveit ١٩٩٣)

كما تتوفر اختلافات بين أصناف وسلالات الخيار فى حساسيتها لأضرار البرودة على ١°م، وخاصة فى درجتى التنقير pitting والتحلل decay. وقد تبين أن التحلل والفقد فى الوزن كانتا الصفتان الوحيدتان اللتان ارتبطتا بصفة التنقير التى تسببها الحرارة المنخفضة (Abdul Hakim وآخرون ١٩٩٩).

وقد وجد Fan وآخرون (١٩٩٦) أن محتوى ثمار الخيار من البوترسين Putrescine يزداد قبل ظهور أضرار البرودة على الثمار التى خزنت لمدة ثلاثة أيام على حرارة ٢°م وبينما أحدث وضع الثمار على حرارة ١٣°م قبل تخزينها على حرارة ٢°م نقصًا معنويًا فى أضرار البرودة التى ظهرت عليها، فإن مستوى البوترسين ازداد بالطريقة ذاتها،

ولكن محتوى الاسبرميدين Spermidine كان أقل قليلاً في الثمار التي سبق وضعها في حرارة ١٣°م قبل تخزينها على ٢°م

ويجب عند شحن الخيار خفض حرارة الحاويات إلى ١٠°م على ألا ترتفع الحرارة عن ١٣°م مع توفير تهوية بمعدل ٣٠م^٣/ساعة (٢٠ قدم^٣/دقيقة) للحاويات الـ ٢٠ قدم، و ٦٠م^٣/ساعة (٣٥ قدم^٣/دقيقة) للحاويات الـ ٤٠ قدم، هذا مع توفير ٩٠٪-٩٥٪ رطوبة نسبية (Optimal Fresh ٢٠٠١ — الإنترنت).

## التخزين فى الجو المتحكم فى مكوناته

يؤدى تخزين الخيار في جو يحتوى على حوالى ٥٪ $CO_2$، أو ٥٪ $O_2$ إلى تأخير اصفرار ثمار الخيار، ويزداد هذا التأثير عند الجمع بين نسبتى الغازين. هذا إلا نسبة ثانى أكسيد الكربون المرتفعة — وبدرجة أقل — نسبة الأكسجين المنخفضة — تزيدان من حساسية الخيار لأضرار البرودة. وحتى فى درجات الحرارة العادية، فإن نسبة ثانى أكسيد الكربون يجب ألا تزيد عن ١٠٪، وألا تقل نسبة الأكسجين عن ٢٪. ويفيد الجو الذى يحتوى على ٣٪ $O_2$، أو ٥٪-١٠٪ $CO_2$ فى تثبيط إنتاج الثمار لغاز الإثيلين، وخاصة عندما تخزن الثمار مختلطة مع غيرها من الثمار المنتجة للإثيلين مثل الكنتالوب، والتفاح، والكمثرى. ويمكن إطالة فترة تخزين الخيار إلى نحو ٢-٣ أسابيع بتخزينها في جو يحتوى على ٥٪ $CO_2$، و ٥٪ $O_2$ (عن Salunkhe & Desai ١٩٨٤).

## التخزين مع التعبئة فى الأغشية المعدلة للهواء

أدى تخزين الثمار على حرارة ٥°م ورطوبة نسبية مقدارها ٩٠٪-٩٩٪ لمدة ١٨ يومًا إلى زيادة محتواها من البوترسين، وكانت تلك الزيادة فى البوترسين أكبر عندما كان تخزين الثمار فى أكياس بلاستيكية غير مثقبة، كما ازداد محتوى الثمار من الاسبرميدين عندما كان تخزينها فى أكياس بلاستيكية مثقبة أو غير مثقبة ونظرًا لأن أضرار البرودة التى ظهرت على الثمار كانت أقل عند التخزين فى الأكياس البلاستيكية غير المثقبة مما كان عليه الحال عند التخزين فى الأكياس البلاستيكية المثقبة، والتى كانت فيها أضرار

البرودة أقل – بدورها – مما في حالة التخزين المائب؛ لذا .. اقترح أن هذه المستويات العالية من البولي أمينات Polyamines تُسهم في تحمل الثمار المعبأة في الأكياس لأضرار البرودة (Wang & Qi ١٩٩٧).

كذلك وجد أن ثمار الخيار التي عبئت في الأكياس البلاستيكية المصنوعة من البوليثيلين ذي الكثافة المنخفضة، والتي بلغ سمكها ٣١,٧٥ ميكرونًا – سواء أكانت مثقبة، أم غير مثقبة (كانت الأكياس ٣٣,٥ سم × ٣٥ سم وتتسع لثلاث ثمار) وجد أن أضرار البرودة التي ظهرت على هذه الثمار بعد ١٨ يومًا من تخزينها على ٥°م ورطوبة نسبية ٩٠٪–٩٥٪ كانت أقل مما في الثمار التي لم تعبأ في الأكياس وكانت أضرار البرودة في الثمار التي عبئت في أكياس غير مثقبة أقل مما كان عليه الحال في الثمار التي عبئت في أكياس مثقبة وقد وجد أن تركيز ثاني أكسيد الكربون ازداد داخل الأكياس غير المثقبة إلى ٣٪، بينما انخفض فيها تركيز الأكسجين إلى ١٦٪ وكانت أقل الإصابات الفطرية ظهورًا في الثمار التي عبئت في الأكياس غير المثقبة. وبالمقارنة لم يحدث تغير يذكر في تركيز الأكسجين وثاني أكسيد الكربون داخل الأكياس المثقبة مقارنة بنسبتها في الجو العادي. وبينما بلغ الفقد في وزن الثمار غير المعبأة في الأكياس ٩٪ في خلال ١٨ يومًا من التخزين، فإن الفقد في وزن الثمار المعبأة في أكياس بلاستيكية مثقبة أو غير مثقبة لم تتعد نسبته ١٪ (Wang & Qi ١٩٩٧)

وقد وجد Zhang وآخرون (١٩٩٦) أن تغليف الثمار في أغشية البوليثيلين – مع تخزينها على ١٢°م – أدى إلى تقليل فقدها للرطوبة، وعدم اصفرارها، وتثبيط تحلل البروتينات الذائبة فيها.

كذلك أدى تخزين ثمار الخيار في أكياس بلاستيك (اسمها التجاري إكستند Xtend) إلى خفض فقدها للوزن، ومنع انكماشها وذبولها، واصفرارها، ومنع إصابتها بأضرار البرودة والأعفان سواء أكان تخزينها في حرارة مثلى (١٠°م)، أم منخفضة (٧°م)، أم عالية (١٢°م) (Rodov وآخرون ١٩٩٨)

ولدى مقارنة التغليف بأغشية البوليثيلين ذات الكثافة المنخفضة وأغشية السيراميك ceramic film بسمك ٢٠، و ٣٠، و ٤٠ ميكرونًا، كانت أفضلها فى المحافظة على صفات الجودة أثناء التخزين أغشية السيراميك بسمك ٢٠ ميكرونًا (Park & Kang ١٩٩٨).

وعمومًا .. تتبع طريقة تغليف الثمار بأغشية البوليثيلين فى أصناف البيوت المحمية، وخاصة الأصناف ذات الثمار الطويلة، والتى تكون ذات جلد رهيف وتفقد رطوبتها بسهولة، بينما يكفى تشميع ثمار الأصناف الأخرى.

الفصل السادس

# الكوسة

يبدأ حصاد نباتات قرع الكوسة بعد نحو ٤٠ يومًا من الزراعة فى الجو الدافئ، وبعد نحو ٥٠ يومًا فى الجو البارد نسبيًّا. ويتطلب وصول الثمار إلى مرحلة النضج الإستهلاكى مدة يوم إلى أربعة أيام من العقد فى الأصناف الزوكينى، ومن ٤ إلى ٥ أيام فى الأصناف الإسكالوب، ومن ٦ إلى ٧ أيام فى الأصناف الصفراء ذات الرقبة المستقيمة والملتوية.

## تأثير الظروف السابقة للحصاد على القدرة التخزينية للثمار

أوضحت دراسات Savvas وآخرون (٢٠٠٩) أن التغذية بالسيليكون لا تؤثر على قدرة ثمار الكوسة الزوكينى على التخزين، بينما تؤدى زيادة الملوحة (كلوريد الصوديوم) فى المحاليل المغذية إلى تحسين تلك القدرة قليلاً، ولكن مع تأثيرات سلبية على كل من وزن الثمرة والمحصول الصالح للتسويق.

### الحصاد

تحصد الثمار وهى صغيرة إلى متوسطة الحجم، ولم تتصلب قشرتها بعد وتفضل معظم الأسواق أن تحصد الثمار قبل أن يسقط تويج الزهرة من الثمرة وتسوق بها، إلا أن بعض المناطق الريفية تفضل الثمار الأكبر حجمًا، ويزداد المحصول كلما سُمح للثمار بالزيادة فى الحجم قبل الحصاد، ولكن نوعية الثمار تكون منخفضة.

يستمر حصاد الكوسة حوالى شهرين، ويكون الحصاد كل ٢ إلى ٣ أيام صيفًا، وكل ٥ إلى ٧ أيام شتاءً، وتحصد الثمار عادة بجزء من العنق. وفى حالة تخطى الثمرة لمرحلة النضج الاستهلاكى .. فإنه يجب قطفها والتخلص منها، وذلك لأن تركها على النبات يؤدى إلى ضعف ونقص محصوله

## التداول

يجب تداول الثمار بعناية تامة بعد الحصاد لتقليل الجروح بقدر الإمكان، خاصة عند الرغبة فى تخزين المحصول. تدرج ثمار الكوسة – غالبًا – على أساس الحجم، ويتم فرز الثمار المجروحة والزائدة النضج أثناء التدريج.

وغالبًا ما تعامل ثمار الكوسة بشموع أو زيوت معتمدة لأجل خفض فقدها للرطوبة وتقليل تجريحها، مع تحسين مظهرها (Suslow & Cantwell ٢٠٠٧).

## فسيولوجيا الكوسة بعد الحصاد

يتباين معدل تنفس ثمار الكوسة حسب درجة الحرارة، كما يلى:

| الحرارة (°م) | معدل التنفس (مجم ثانى أكسيد كربون/كجم فى الساعة) |
|---|---|
| صفر | ٦–٧ |
| ٥ | ٧–١٠ |
| ١٠ | ١٧–١٨ |
| ١٥ | ٣٧–٤٥ |
| ٢٠ | ٤٢–٤٨ |

أما معدل إنتاج ثمار الكوسة للإثيلين فإنه يتراوح بين ٠,١، و ١ ميكروليتر/كجم فى الساعة على ٢٠°م

وتعد ثمار الكوسة منخفضة إلى متوسطة الحساسية للإثيلين الخارجى، ومن أهم أضراره فقد الثمار الخضراء للونها الأخضر لدى تعرضها لتركيزات منخفضة من الغاز (Suslow & Cantwell ٢٠٠٧).

وتعد الكوسة من الخضر شديدة الحساسية للإصابة بأضرار البرودة، كما سيأتى بيانه تحت موضوع التخزين.

## معاملات خاصة تُعطاها الكوسة قبل التخزين والشحن للحد من أضرار البرودة

### المعاملات الحرارية

أدى تخزين ثمار الكوسة الزوكينى من صنف أمباسدور لمدة يومين على حرارة ١٠ أو ١٥°م – قبل تخزينها بعد ذلك على حرارة ٢.٥ أو ٥°م – إلى تأخير بداية ظهور أعراض البرودة. كذلك أدى تبادل وضع الثمار فى دورات من يومين فى حرارة منخفضة يليهما يوم واحد فى حرارة ٢٠°م إلى الحد من الإصابة بأضرار البرودة (Kramer & Wang ١٩٨٩).

كما أوضحت دراسات Wang (١٩٩١) أن تعريض ثمار الكوسة لحرارة ١٠°م لمدة يومين بعد حصادها وقبل تخزينها فى حرارة ٢.٥°م أدى إلى زيادة محتوى الثمار من حامض الأبسيسيك وتأخير ظهور أضرار البرودة وتقليل حدتها، فلم تظهر أية أعراض لأضرار البرودة إلا بعد ٦ أيام من التخزين على ٢.٥°م، وكانت الأعراض حينئذ طفيفة، بينما بدأت النقر السطحية على ثمار المقارنة (معاملة الشاهد) بعد ٤ أيام من التخزين البارد، وكانت الأعراض شديدة بعد ٨ أيام. واستمر مستوى حامض الأبسيسيك عاليًا فى الثمار التى وضعت فى البداية لمدة يوم واحد على حرارة ١٠°م عما فى ثمار الكنترول طوال فترة التخزين التى دامت لمدة ١٠ أيام. وقد أدى تشريب الثمار بحامض الأبسيسيك بتركيز ٠.٥ أو ١.٠ مللى مولار – تحت ضغط – قبل تخزينها على حرارة ٢.٥°م إلى زيادة مستوى حامض الأبسيسيك الطبيعى فى الثمار، وتأخير ظهور أعراض البرودة وتقليل شدتها، وذلك مقارنة بما حدث فى الثمار التى شُرِّبت ابتداء بالماء المقطر

وفى دراسة لاحقة، وجد Wang وآخرون (١٩٩٢) أن تعريض ثمار الكوسة الزوكينى (صنف أمباسدور) لحرارة ١٥°م لمدة يومين قبل تخزينها على ٥°م أخَّر ظهور أعراض أضرار البرودة بنحو ٣–٥ أيام، مقارنة بالثمار التى لم تعرض لحرارة ١٥°م قبل التخزين البارد. وأوضحت الدرسة أن التخزين فى حرارة ٥°م أحدث نقصًا فى محتوى الثمار من الفوسفوليبيدات، وأن سبق تعريض الثمار لحرارة ١٥°م قلل ذلك النقص كما انخفضت درجة تشبع الأحماض الدهنية فى الفوسفوليبيدات خلال

التخزين البارد، وقللت معاملة الثمار بحرارة ١٥°م قبل التخزين البارد من شدة الانخفاض كذلك ازدادت نسبة الاستيرولات الحرة إلى الفوسفوليبيدات الكلية أثناء التخزين البارد، ولكن ثبطت معاملة الثمار بحرارة ١٥°م من تلك الزيادة في النسبة وتعني هذه النتائج أن وضع الثمار في حرارة ١٥°م لمدة يومين قبل تخزينها في حرارة ٥°م يحمي أغشيتها الخلوية من التلف الذي تحدثه الحرارة المنخفضة في الليبيدات الجلسرينية glycerolipids.

كذلك وجد أن شدة أعراض أضرار البرودة في ثمار الكوسة (صنف إليت Elite) التي خزنت في حرارة ٥°م، ثم نقلت إلى حرارة ٢٠°م انخفضت عندما عوملت مسبقًا – قبل تخزينها البارد – بالماء الساخن على حرارة ٤٢°م لمدة ٣٠ دقيقة. كما ازداد الانخفاض في شدة أعراض البرودة عندما عرضت الثمار لحرارة ١٥°م لمدة يومين قبل تعريضها لمعاملة الماء الساخن التي سبقت التخزين البارد على ٥°م وبينما لم تظهر أية أعراض لأضرار البرودة على الثمار التي خزنت في حرارة ١٥°م، فإن الفقد في وزنها كان أكبر عما في الثمار التي خزنت على ٥°م لمدة أسبوعين. وكان الفقد في الوزن متماثلاً في الثمار التي عوملت بالماء الساخن والتي لم تعامل. وقد ازداد مستوى البوترسين في الثمار مع الوقت أثناء التخزين على ٥°م وكان مستواه في الثمار التي أعطيت معاملة الماء الساخن منخفضًا في البداية، ولكنه ازداد سريعًا بعد التخزين على ٥°م، وظهرت زيادة مماثلة لذلك في مستوى البوترسين في الثمار التي عرضت لحرارة ١٥°م لمدة يومين وقد انخفض مستوى الاسبرميدين والاسبرمين في كل المعاملات أثناء التخزين على ٥°م، ولكن ذلك الانخفاض قلت حدته في قشرة الثمار التي عوملت بحرارة ١٥°م أو بالماء الساخن عما في ثمار الكنترول (Wang ١٩٩٤).

كما أدت معاملة تعريض الثمار لحرارة ١٥°م لمدة يومين قبل تخزينها على ٥°م إلى تثبيط حدوث أي زيادة في نشاط إنزيم البيروكسيديز peroxidase، وخفض التدهور في نشاط إنزيم الكاتاليز، الأمر الذي لم يحدث في الثمار المخزنة في حرارة ٥°م، والذي يكون مصاحبًا بظهور أضرار البرودة. كما كان مستوى نشاط إنزيم superoxidase

dismutase أعلى فى الثمار التى عوملت بحرارة ١٥°م لمدة يومين عما فى ثمار الكنترول التى لم تعط هذه المعاملة (Wang ١٩٩٥)

وفى دراسة تالية وجد Wang (١٩٩٦) أن تعريض ثمار الكوسة الزوكينى صنف بليت لحرارة ١٥°م لمدة يومين قبل تخزينها على ٥°م أدى – إلى جانب تأخير ظهور أعراض البرودة – إلى التأثير على نظام مضادات أكسدة حامض الأسكوربيك فى الحرارة المنخفضة من خلال التأثير على نشاط الإنزيمات.

Ascorbate free reaical reductase

Acorbate peroxidase

Dehydroascorbate reductase

وقد انخفض محتوى ثمار معاملة الشاهد من حامض الأسكوربيك أثناء تخزينها على ٥ °م. كذلك انخفض محتوى الثمار التى عرضت لحرارة ١٥°م لمدة يومين قبل تخزينها على ٥°م انخفض محتواها من حامض الأسكوربيك أثناء تخزينها على ٥°م، ولكن بدرجة أقل مما فى ثمار الكنترول. أما محتوى الثمار من الدى هيدرو حامض الأسكوربيك dehydroascorbic acid فلم يتغير جوهريًا فى كلتا المعاملتين أثناء التخزين على ٥°م. وقد ازداد نشاط الإنزيمات الثلاثة المؤثرة على نظام مضادات أكسدة حامض الأسكوربيك .. ازداد نشاطها ابتداءً بعد ٤–٨ أيام من التخزين، ثم انخفض بعد ذلك فى ثمار كلتا المعاملتين، ولكن نشاط الإنزيمات ازداد إلى درجة أكبر وظل أعلى فى الثمار التى عرضت لحرارة ١٥°م لمدة يومين عما فى ثمار الكنترول.

وبالمقارنة بما سبق . وجد Deswarte وآخرون (١٩٩٥) أن أضرار البرودة كانت أعلى جوهريًا فى الثمار التى عرضت لحرارة ٣٠°م لمدة نصف ساعة أو ثمانى ساعات قبل تخزينها على ٢°م عما فى الثمار التى لم تتلق تلك المعاملة، هذا بينما لم تظهر على الثمار التى خزنت على ١٠ أو ١٣°م أية أضرار كذلك أوضح Jacobi وآخرون (١٩٩٦) أن تعريض ثمار الكوسة الزوكينى لهواء ساخن رطب استمر إلى حين وصول حرارة قلب الثمار إلى ٤٥°م لمدة ٣٠ دقيقة أدى إلى زيادة اصفرار جلد الثمار أثناء التخزين

## المعاملة بأملاح الكالسيوم وبنزوات الصوديوم

أمكن خفض شدة اضرار البرودة فى ثمار الكوسة المخزنة على ٤ ْم بغمسها قبل التخزين فى محلول كلوريد كالسيوم بتركيز ١٪، أو بنزوات الصوديوم بتركيز ١٠ مللى مول لمدة ٣٠ دقيقة على ٢٠ ْم وقد أظهرت الثمار التى عوملت ببنزوات الصوديوم إصابة بأضرار البرودة تقل عن ١٠٪ بعد ٣٠ يومًا من التخزين على ٤ ْم (Lee & Yang ١٩٩٩)

## المعاملة بمتعددات الأمين

أدى تشريب ثمار الكوسة بأى من متعددات الأمينات polyamines بُتريسين putrescine، أو اسبرميدين spermidine، أو اسبرمين spermine إلى توفير حماية للأغشية الخلوية، وخاصة فى معاملة الاسبيرميدين الذى قلل من التسرب الأيونى بنحو ٦٧٪ إلى ٨٢٪، مقارنة بما حدث فى ثمار الكنترول، وذلك فى الثمار التى خزنت على ٢ ْم وقد تراوح التركيز المناسب من مختلف متعددات الأمين بين ١,٠، و ١٥ مللى مول (Ramos-Clamont وآخرون ١٩٩٧)

## المعاملة بالمثيل جاسمونيت

وجد أن تشريب ثمار الكوسة بمركب ميثيل جاسمونيت Methyl Jasmonate (تحت ضغط ٨٢٫٧ كيلو باسكال لمدة ٣ دقائق) قبل تخزينها على حرارة ٥ ْم أدى إلى تأخير بداية ظهور أعراض أضرار البرودة بنحو يومين إلى أربعة أيام مقارنة بثمار معاملة الشاهد التى شُرِّبت بالماء المقطر، وبدأت تظهر عليها أعراض أضرار البرودة بعد ٤ أيام من التخزين البارد وقد ازداد تركيز حامض الأبسيسيك فى الجدار الثمرى الخارجى لثمار معاملة الكنترول بعد معاملة البرودة. وحدثت زيادة أكبر فى تركيز الحامض فى الثمار التى عوملت بمثيل الجاسمونيت، مما يدل على أن الجاسمونيت قد يحفز تمثيل حامض الأبسيسيك فى الحرارة المنخفضة وقد أظهرت الثمار المعاملة وثمار الكنترول زيادات متماثلة فى محتواها من البوتريسين puterescene عندما

تعرضت للحرارة المنخفضة بينما انخفض محتوى الثمار من كل من الاسبرميدين spermidine والاسبرمين spermine فى الحرارة المنخفضة فى كلتا المعاملتين، إلا أن الثمار المعاملة بالجاسمونيت احتفظت بمستوى أعلى من الاسبرميدين والاسبرمين — اللذان يقللان من أكسدة الليبيدات — عن ثمار معاملة الكنترول طوال فترة التخزين على ٥ْم ويعنى ذلك أن مثيل الجاسمونيت يمنع ظهور أعراض أضرار البرودة من خلال عملية تنظيم لمستوى كل من حامض الأبسيسيك والبولى أمينات (Wang & Buta ١٩٩٤، و Wang ١٩٩٤).

## التخزين

### التخزين البارد العادى وأضرار البرودة

#### ظروف التخزين المناسبة وأعراض أضرار البرودة

تعد ثمار الزوكينى شديدة الحساسية للإصابة بأضرار البرودة، حيث تصاب بأضرار دائمة فى خلال يوم واحد إلى يومين من التخزين على حرارة تقل عن ٥ْم. ومن أهم تلك الأعراض ظهور نقر سطحية دائرية أو طولية مائية المظهر على الثمار، مع تغيرات فى لونها، وتدهور فى الصفات الأكلية، مع ذبول الثمار واصفرارها وتحللها. وقد ترجع تلك الأعراض إلى الأضرار التى تُحدثها الحرارة المنخفضة بالأغشية الخلوية ( Suslow & Cantwell ٢٠٠٧).

وتفقد ثمار الكوسة صلاحيتها للتسويق بعد ٥ أيام من تخزينها على ٢ْم وبعد ٢٠ يومًا من تخزينها على ١٠ْم وبينما لم تظهر أى أعراض لأضرار البرودة على الثمار التى خزنت على ١٢ْم، فإنها لم تكن صالحة للتسويق بعد ٢٠ يومًا بسبب تدهور صفاتها.

وبسبب أضرار البرودة، فإنه يوصى بتخزين ثمار الزوكينى على ٧–١٠ْم، مع رطوبة نسبية تتراوح بين ٩٠٪، و ٩٥٪، حيث يمكن أن تحتفظ الثمار بجودتها لمدة ٧–١٤ يومًا ويؤدى التخزين فى حرارة أعلى من ١٠ْم إلى ليونة الثمار وتغير طعمها (عن Kramer & Wang ١٩٨٩)

وتبدأ أضرار التجمد في الظهور على حرارة -٠,٥°م، ومن أهم أعراضها وجود مساحات مائية المظهر

## الاختلافات الوراثية في الحساسية لأضرار البرودة

تتفاوت طرز الكوسة وأصنافها في شدة حساسيتها لأضرار البرودة، وفي معدلات تنفس ثمارها وإنتاجها للإثيلين أثناء التخزين.

ويعتبر جين B – وهو الجين المسئول عن ظهور الصبغة الصفراء في ثمار الكوسة، والذي أدخل في عديد من الأصناف – يعتبر هذا الجين من أكثر الجينات تأثيرًا على صفات الثمار (ذلك لأنه له تأثير متعدد Pleiotropic)، ويرتبط بشدة بجينات أخرى قد تكون مرغوبة أو غير مرغوب فيها كما أن ظهور تلك الصفات يتوقف على تفاعل الجين B مع الخلفية الوراثية للنبات ومن بين التأثيرات السلبية للجين B زيادته لحساسية الثمار لأضرار البرودة

ولدى مقارنة سلالات ذات خلفية وراثية متشابهة isogenic lines فيما عدا احتوائها، أو عدم احتوائها على الجين B بحالة أصلية – من الصنفين Caserta (وهو من طراز المارو marrow)، و Benning's Green Tint (وهو من طراز الإسكالوب scallop) كانت معدلات تنفس الثمار وإنتاجها للإثيلين – في درجات الحرارة المعتدلة – أعلى دائمًا في المارو عما في الإسكالوب، ولم يكن للجين B أي تأثير على معدل التنفس في تلك الحرارة المعتدلة، إلا أن وجود الجين B حفز الزيادة في معدل التنفس التي تسببها الحرارة المنخفضة في طرازي الكوسة كذلك ازداد إنتاج الإثيلين في الحرارة المنخفضة في طرازي الكوسة، ولكن الزيادة كانت أكبر في طراز المارو عما في طراز الإسكالوب، وأدى وجود الجين B إلى مزيد من الزيادة في إنتاج الإثيلين في كلا الطرازين، مع استمرار الاختلاف بينهما أما التسرب الأيوني من الثمار فلم يرتبط بدرجة الحرارة، أو الطراز الصنفي، أو وجود الجين B من عدمه (McCollum ١٩٩٠)

## علاقة عمر الثمرة بحساسيتها لأضرار البرودة

يتبين من دراسات Tatsumi وآخرين (١٩٩٥) أن الحساسية لأضرار البرودة عند تخزين الثمار على ٥°م تنخفض كلما ازداد عمر الثمرة بعد التلقيح من يوم واحد إلى تسعة أيام. ووجدت تركيزات عالية من البوترسين، والاسبرميدين، والاسبرمين فى الثمار بعد يوم واحد إلى خمسة أيام من التلقيح، وانخفض مستوى البولى أمينات مع زيادة نضج الثمار. هذا إلا أن مستوى البوترسين فى الثمار التى قطفت بعد يوم إلى خمسة أيام من التلقيح ازداد أثناء التخزين، بينما انخفض مستوى الاسبرميدين والاسبرمين أثناء التخزين أيًا كان عمر الثمرة عند حصادها باستثناء مستوى الاسبرمين فى الثمار التى قطفت بعد يوم واحد من التلقيح.

## التخزين فى الجو المتحكم فى مكوناته وعلاقة ذلك بالحد من الإصابة بأضرار البرودة

تستفيد الكوسة قليلاً من التخزين فى الجو المتحكم فى مكوناته، ففى مستوى منخفض من الأكسجين (٣٪–٥٪) بتأخير الاصفرار فى الأصناف ذات اللون الأخضر الداكن ويتأخر بدء تحلل الثمار لبضعة أيام. وتتحمل ثمار الزوكينى زيادة تركيز ثانى أكسيد الكربون حتى ١٠٪، إلا أن ذلك لا يفيد فى زيادة فترة الصلاحية للتخزين. وتجدر الإشارة إلى أن زيادة تركيز ثانى أكسيد الكربون حتى ٥٪ تقلل من حساسية الثمار لأضرار البرودة (عن Suslow & Cantwell ٢٠٠٧).

وأوضحت دراسات Mencarelli (١٩٨٧) أن تخزين ثمار الكوسة الزوكينى فى هواء يحتوى على ٢١٪ أكسجين مع ٥٪ ثانى أكسيد كربون قلل كثيرًا من إصابة الثمار بأضرار البرودة عندما كان التخزين على ٥°م لمدة ١٩ يومًا، ثم على ١٣°م — فى الهواء العادى — لمدة ٤ أيام. وقد وجدت علاقة عكسية بين إصابة الثمار بأضرار البرودة، وبين تركيز غاز ثانى أكسيد الكربون فيما بين صفر، و ١٠٪ إلا أن تركيز ١٠٪ كان مصاحبًا بتغيرات غير طبيعية فى طعم الثمار، بينما كانت الإصابة بأضرار البرودة عالية إلى

درجة غير مقبولة عندما كانت نسبة ثانى أكسيد الكربون فى هواء المخزن صفر، أو ٥ ٢ ٪ وكانت دراسات سابقة للباحث ذاته قد أوضحت عدم وجود تأثير يعتد به لتركيز الأكسجين فى هواء المخزن على إصابة ثمار الكوسة بأضرار البرودة.

وقد ظهرت أضرار البرودة متمثلة فى التنقير على أكثر من ٩٣٪ من سطح ثمار الكوسة الزوكينى صنف إليت Elite بعد ١٢ يومًا من تخزينها على ٢°م، وازداد تركيز البوترسين putrescine خلال تلك الفترة بنحو ٢٠٠٪ فى جلد الثمرة، ونحو ٢٥٠٪ فى لبها، بينما ازداد حامض الأبسيسيك فى جلد الثمرة فقط وأدت معاملة الثمار بغاز ثانى أكسيد الكربون قبل تخزينها على ٢°م إلى خفض أضرار البرودة وعندما كان تركيز ثانى أكسيد الكربون ٥٪ كانت الزيادة فى تركيز البوترسين وحامض الأبسيسيك أقل مما فى الكنترول، أما زيادة تركيز الغاز إلى ٤٠٪ فإنها خفضت محتوى الثمار من كل من البوترسين وحامض الأبسيسيك هذا فى الوقت الذى انخفض فيه محتوى الثمار من الاسبرميدين spermidine وتركيزه فيها أثناء التخزين أيًّا كانت معاملة ثانى أكسيد الكربون (Serrano وآخرون ١٩٩٨).

ولقد كان تخزين الثمار فى جو متحكم فيه يتكون من ١٪ ثانى أكسيد كربون + ١٪ أكسجين، أو ٣٪ ثانى أكسيد كربون + ١٪ أكسجين فعالاً فى خفض إصابتها بأضرار البرودة لمدة ١٥، و ٢٠ يومًا، على التوالى، وقد أوصى بتلك الظروف لأجل التخزين الطويل المدى للكوسة (Lee & Yang ١٩٩٩).

## تغليف الثمار وتعبئتها فى أغشية معدلة للجو

أدى تغليف ثمار الكوسة – كل على انفراد – فى أغشية من البوليثيلين المنخفض الكثافة – قبل تخزينها على ١٠°م، و ٨٥٪ رطوبة نسبية – إلى تعديل الهواء المحيط بالثمرة إلى ٢٪–٧٪ أكسجين و ٥٪–٨٪ ثانى أكسيد كربون، وأفاد ذلك فى احتفاظ الثمار بجودتها، وبمحتواها من حامض الأسكوربيك، وتقليل فقدها للرطوبة (Park & Cho ١٩٩٧).

وأوضحت دراسات Rodov وآخرون (١٩٩٨) أن تغليف ثمار الكوسة الزوكيني (صنف بلاك ماجك Black Magic) – المنتجة بالطريقة العضوية – بالغشاء البلاستيكي إكستند Xtend (وهو غشاء منفذ لبخار الماء بدرجة عالية، وتتفاوت نوعياته في درجة نفاذيتها لكل من الأكسجين وثاني أكسيد الكربون) أدى تغلف الثمار إلى تحسين مظهرها، وتثبيط اصفرارها، وفقدها لصلابتها، ونمو الفطريات السطحية عليها، مع تقليل فقدها للوزن إلى نصف ما تفقده الثمار المعبأة في الكراتين التجارية.

وكانت تعبئة الثمار في أغشية من البوليثيلين ضرورية للمحافظة على جودتها أثناء التخزين لمدة أسبوعين على ٥ أو ١٠°م (Savvas وآخرون ٢٠٠٩)

## الكوسة المجهزة للمستهلك

تجهز الكوسة الزوكيني للمستهلك على صورة شرائح يجب أن تكون الشرائح المجهزة ذات قشرة خضراء قاتمة اللون ونسيج داخلي أبيض قَصِم crispy. يجب أن تكون حرارة المنتج الذى يصل المصنع ١٣°م وأن يخزن بعد وصوله على ٥–١٠°م، وعلى صفر–٥°م بعد تجهيزه. ويفيد خفض مستوى الأكسجين في العبوات إلى ١٪، علمًا بأن خفض الأكسجين إلى ٠,٥٪ يخفض التنفس بنسبة ٥٠٪ على ٥°م، وبمقدار ٨٠٪ على ١٠°م مقارنة بالتنفس في الهواء العادى عند نفس درجات الحرارة.

هذا .. ومن مشاكل الكوسة الزوكيني المجهزة أن يظهر بها مناطق مائية المظهر (نتيجة لأضرار البرودة) على صفر°م، وتلون بنى على ٥–١٠°م يزدادان مع زيادة فترة التخزين. يمكن غمر شرائح الزوكيني في محلول كلوريد كالسيوم منفردًا أو مع هيبوكلوريت الصوديوم، علمًا بأن معاملة الكالسيوم تقلل كلا من: الأعفان، والنمو الميكروبي الكلي، وفقدان حامض الأسكوربيك (Barth وآخرون ٢٠٠٤).

## الفصل السابع

# الفراولة

تكون الثمرة خضراء اللون عند بداية العقد، ثم تتحول إلى اللون الأبيض، ثم تتلون جزئيًا باللون الوردى، ثم باللون الأحمر، وتزيد مساحة الجزء الملون تدريجيًا. ويكون التلون من الطرف القمى للثمرة نحو الطرف القاعدى.

## العوامل المؤثرة فى سرعة نضج الثمار

تتوقف المدة من تفتح الزهرة الأولى لحين نضج الثمرة على درجة الحرارة؛ ففى حرارة ١٥°م تستغرق هذه الفترة حوالى شهر. وبينما تزيد هذه الفترة عن ذلك فى الحرارة الأقل من ١٥°م، فإنها تزداد طولاً – كذلك – مع تقدم موسم الحصاد ومع ارتفاع درجة الحرارة فى نهاية الموسم. وقد تراوح المدى لعشرين صنف – درست على مدى ثلاث سنوات – بين ٢٥، و ٣٨ يومًا بمتوسط قدره ٣٢،١ يوم.

ومتى تفتحت الأزهار فإن الثمار لا تتكون إلا عندما تكون الحرارة أعلى من ٦°م، حيث تسمح هذه الدرجة بتفتح الأزهار، ولكنها لا تسمح بنضج الثمار. ويكون نضج الثمار أكثر تأثرًا بدرجة حرارة الليل (عن Avigdori-Avidov ١٩٨٦).

تصل الثمار إلى مرحلة اللون الأبيض بعد ٢١ يومًا من تفتح الزهرة، وتكون تامة الإحمرار بعد ١٠–٢٠ يومًا أخرى. وتكون عملية النضج سريعة للغاية، حيث تحدث فى خلال ٥–١٠ أيام بعد انتهاء مرحلة اللون الأبيض، ويتوقف ذلك على درجة الحرارة (عن Perkins-Veazie ١٩٩٥).

تتوقف سرعة نضج الثمرة – كما أسلفنا – على درجة الحرارة السائدة، ويلزم عادة يومان من بداية تلون الثمرة إلى مرحلة ثلاثة أرباع تلوين، ويومان آخران حتى تصبح الثمرة حمراء تمامًا، وهى مازالت صلبة، ويومان إضافيان – وهى على النبات – حتى تصبح رخوة وزائدة النضج.

وللإضاءة القوية تأثير إيجابى على سرعة نضج الثمار (عن Avigdori-Avidov ١٩٨٦).

## التغيرات المصاحبة للنضج

يصاحب نضج ثمار الفراولة — وهى على النبات — التغيرات التالية:

١ — زيادة الحجم، ويتمثل ذلك فى زيادة حجم الخلايا، وتضخم الفجوات العصارية

٢ — زيادة نسبة الرطوبة.

٣ — نقص الصلابة

٤ — زيادة نسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية.

٥ — زيادة كبيرة فى نسبة السكريات التى تشكل من ٧٠٪–٨٠٪ من المواد الصلبة الذائبة.

٦ — نقص الحموضة المعايرة.

٧ — تكون الصبغات الأنثوسيانينية الحمراء.

٨ — تمثيل المركبات العطرية المتطايرة المسئولة عن النكهة المميزة.

وعلى الرغم من أن ثمار الفراولة يمكن أن تتلون بصورة تامة إذا ما قطفت فى مرحلة اللون الأبيض أو الوردى، فإن تغيرات القوام، والسكريات، والحموضة لا تحدث بصورة كاملة كما تحدث فى الثمار التى تقطف فى مراحل أكثر تقدمًا من النضج (عن Perkins-Veazie ١٩٩٥).

## صفات جودة الثمار

تتكون ثمرة الفراولة الناضجة من خمس مناطق نسيجية هى — من الخارج نحو الداخل — كما يلى:

١ — طبقة بشرة تتكون من خلايا متعددة الجوانب، سميكة الجدر، وشعيرات طويلة مدببة

٢ — طبقة تحت بشرة تتكون من خلايا ميرستيمية لا توجد بينها مسافات

٣ — القشرة (أو اللحم الحقيقى) تتكون من خلايا ميرستيمية ولا توجد بينها مسافات كذلك.

٤ — منطقة حزم تتكون من أوعية مغلطة حلزونيًا وحلقيًا (الخشب واللحاء).

٥ — النخاع ويتكون من خلايا رقيقة الجدر غالبا ما تنفصل أثناء نمو الثمرة تاركة وراءها فراغات كبيرة بينها.

ويبين جدول (٧–١) المدى الطبيعى للمحتوى الكيميائى لثمرة الفراولة (عن Kader ١٩٩١)

جدول (٧–١): المدى الطبيعى للتركيب الكيميائى لثمرة الفراولة.

| المكون (الوحدة) | المدى |
|---|---|
| المواد الصلبة الكلية (٪) | ١٢,٧–٧,٠ |
| المواد الصلبة الذائبة الكلية (٪) | ١١,٩–٤,٦ |
| السكريات الكلية (٪) | ٦,٦–٤,١ |
| السكريات المختزلة (٪) | ٥,٢–٣,٧ |
| السكروز (٪) | ٢,٥–٠,٢ |
| الفراكتوز (٪) | ٣,٥–١,٧ |
| الجلوكوز (٪) | ٣,١–١,٤ |
| البكتينات الكلية (٪) | ٠,٩–٠,٢ |
| الـ pH | ٤,١٠–٣,١٨ |
| الحموضة المعايرة (٪) | ١,٨٧–٠,٥٠ |
| حامض الستريك (٪) | ١,٢٤–٠,٤٢ |
| حامض الماليك (٪) | ٠,٦٨–٠,٠٩ |
| حامض الأسكوربيك الكلى (مجم/١٠٠جم) | ١٢٠–٢٦ |
| الفينولات الكلية (مجم/١٠٠ جم) | ٢١٠–٥٨ |
| الأنثوسيانينات الكلية (مجم/١٠٠ جم) | ١٤٥–٥٥ |

ويتحدد طعم الفراولة بمحتواها من كل من السكريات والأحماض، كما يلي:

| السكريات | الأحماض | الطعم |
|---|---|---|
| عالية | عالية | جيد |
| عالية | منخفضة | حلو |
| منخفضة | عالية | لاذع |
| منخفضة | منخفضة | لا طعم له |

ومن أهم صفات جودة الفراولة ما يلي:

١ — درجة النضج، وهى التى تتحدد بنسبة كل من اللونين الوردى والأحمر
٢ — اللمعان، وهو دليل على الطزاجة وعدم فقد الرطوبة
٣ — غياب العيوب، مثل الأعفان، والتحللات، والخدوش، والذبول
٤ — الطعم الجيد، وهو الذى يتحدد بالسكريات والحموضة والمركبات المتطايرة
٥ — الحجم وتجانسه
٦ — الصلابة وعدم وجود ثمار فاقدة لصلابتها أو زائدة النضج (Mitcham ١٩٩٦).

## تأثيرات المعاملات السابقة للحصاد على صفات جودة الثمار وقدرتها التخزينية

### معاملات التسميد

تتأثر جودة ثمار الفراولة بعد الحصاد بمعاملات التسميد السابقة للحصاد، كما يلى

#### النيتروجين

يؤدى الإفراط فى التسميد الآزوتى إلى زيادة النمو الخضرى على حساب النمو الثمرى، حيث تكون الثمار المنتجة أقل عددًا وأصغر حجمًا، وتزداد فيها الإصابة بالأعفان، ومعدل التنفس. وتقل صلابتها ومحتواها من المواد الصلبة الذائبة الكلية، وطعمها ونكهتها مقارنة بثمار النباتات التى تأخذ كفايتها من التسميد الآزوتى دونما إفراط.

وتؤدى زيادة التسميد الآزوتى مع نقص البوتاسيوم والكالسيوم وضعف الإضاءة إلى زيادة نسبة الثمار الألبينو مع طراوتها.

### الكالسيوم

كثيرًا ما أعطى التسميد بالكالسيوم اهتمامًا خاصًا بهدف زيادة صلابة الثمار، ولكن النتائج لم تكن دائمًا إيجابية.

فعندما رشت النباتات قبل الحصاد بمدة ٣-١٤ يومًا بكلوريد الكالسيوم بمعدل ٢٠ كجم للهكتار (٨,٤ كجم/فدان)، فإن ذلك انعكس إيجابيًا على الثمار أثناء التخزين حيث انخفضت معدلات طراوتها وإصابتها بالأعفان (عن Perkins-Veazie & Collins ١٩٩٥) وبالمقارنة .. أدى تسميد الفراولة بالكالسيوم رشًا أو عن طريق التربة — فى دراسة أخرى — إلى تقليل أعفان الثمار، ولكن لم تجعل المعاملة الثمار أكثر صلابة (Makus & Morris ١٩٩٨).

وربما تؤدى المعاملة بالكالسيوم قبل الحصاد إلى تقليل إصابة الثمار بالأعفان بعد الحصاد بسبب زيادة المعاملة لمحتوى الجدر الخلوية من الكالسيوم؛ مما قد يؤدى إلى اعتراض وصول الإنزيم الفطرى بولى جالاكتورنيز polygalacturonase إلى البكتينات كما أن زيادة الكالسيوم قد تحد من نفاذية الأغشية البروتوبلازمية وقد أدى بالفعل رش نباتات الفراولة بالكالسيوم إلى زيادة محتوى الثمار الكلى من العنصر، وكذلك محتواها من البكتين؛ مما يدل على احتمال زيادة المعاملة لعملية لصق الجدر الخلوية معًا (عن Perkins-Veazie & Collins ١٩٩٥).

وبالمقارنة .. لم يؤثر تسميد الفراولة بنترات الكالسيوم — فى دراسة أخرى — على محتوى التخت الزهرى المتشحم من الكالسيوم، ولكنه أدى إلى زيادة محتوى الكالسيوم فى الثمار الحقيقية achenes (البذور)، وخاصة فى تلك التى تقع فى الجزء القاعدى — القريب من العنق — من التخت الزهرى (Makus & Morris ١٩٩٨)

كما وجد أن رش نباتات الفراولة قبل الحصاد بكلوريد الكالسيوم بتركيز ٢٪ أو ٤٪

أدى إلى زيادة تركيز الكالسيوم فى الثمار، وزيادة نشاط إنزيم pectin methylesterase، ونقص نشاط إنزيم polygalacturonase (Scalon ١٩٩٩)

وأدى رش ثمار الفراولة قبل الحصاد ٤ مرات بكيلات الكالسيوم Ca chelate بتركيز ١٥٠ جزء فى المليون وبمعدل ٢٠٠ لتر/١٠٠٠م٢ – مع استعمال المادة الناشرة توين ٢٠ – إلى زيادة صلابة الثمار عند التخزين لمدة ٣ أسابيع على الصفر المئوى، وزيادة محتواها من حامض الأسكوربيك عن ثمار الكنترول، كذلك انخفض محتوى هذه الثمار من البكتينات الذائبة فى الماء، بينما ازداد محتواها من البكتينات القابلة للذوبان فى حامض الأيدوركلوريك، كذلك أدت المعاملة بالكالسيوم إلى تثبيط نشاط العفن الرمادى (Wasna وآخرون ١٩٩٩).

كما وجد أن رش حقول الفراولة ٣–٤ أيام قبل الحصاد بنحو ٢٠ كجم/هكتار (٨,٤ كجم/فدان) من كلوريد الكالسيوم يقلل من طراوة الثمار وإصابتها بالتحلل خلال ٧ أيام من التخزين على ٥°م وتزداد فيها نسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية (Hancock ١٩٩٩)

## مستوى الإضاءة

يؤدى ضعف الإضاءة إلى انخفاض محتوى الثمار من حامض الأسكوربيك والمواد الصلبة الذائبة الكلية، وعدم تلوينها جيدًا (Mitcham ١٩٩٦).

## المعاملة بمحفزات المقاومة الطبيعية للأمراض

### المعاملة بالـ Acibenzolar

أدت معاملة نباتات الفراولة بالـ Acibenzolar (منشط الـ SAR) بتركيز ٠,٢٥–٢,٠ مجم مادة فعالة / مل إلى تأخير ظهور العفن الرمادى بعد الحصاد لمدة يومين على ٥°م، وهى فترة تعادل ١٥٪–٢٠٪ من فترة صلاحية الفراولة للتخزين (Terry & Joyce ٢٠٠٠)

### المعاملة بالشيتوسان

قام Reddy وآخرون (٢٠٠٠) برش نباتات الفراولة بمحلول الشيتوسان بتركيز ٢،

و ٤، و ٦ جم/لتر عندما بدأت الثمار فى التلون بالأحمر، ثم رشت مرة أخرى بعد ١٠ أيام، وتم حصاد الثمار بعد ٥، و ١٠ أيام من كل رشة، ولقحت بالفطر *B. cinerea*، وخزنت فى حرارة ٣ أو ١٣°م أحدثت معاملة الشيتوسان نقصًا جوهريًا فى الإصابة بعفن الثمار بعد الحصاد، وحافظت على جودتها مقارنة بالكنترول، كما ازداد تأثير المعاملة فى مكافحة العفن بزيادة تركيز الشيتوسان، بينما ازداد العفن بزيادة كل من فترة التخزين وحرارة التخزين. وكانت الثمار التى قطفت من النباتات التى عوملت بالشيتوسان أكثر صلابة وأبطأ نضجًا، كما انعكس ذلك على محتواها من كل من الأنثوسيانين والحموضة المعايرة مقارنة بثمار الكنترول. ولم تكن لمعاملة الشيتوسان أية تأثيرات سامة على النباتات عند أى تركيز وقد أدى الرش بالشيتوسان بتركيز ٦ جم/لتر مرتان بفاصل ١٠ أيام بينهما إلى حماية الثمار من العفن والمحافظة على جودة الثمار عند مستوى مقبول خلال فترة التخزين التى دامت ٤ أسابيع على ٣°م. وكان التأثير الوقائى للشيتوسان أكثر فاعلية فى ثمار القطفة الأولى بعد المعاملة عما فى ثمار القطفة التالية. وبدا واضحًا أن الشيتوسان يعوض التدهور الذى يحدث عند التخزين فى حرارة ١٣°م.

## المعاملة ببيروكسى حامض الخليك

أدى رش نباتات الفراولة قبل الحصاد بمحلول peroxyacetic acid بتركيز ١٠٠ جزء فى المليون قبل الحصاد بثلاثة أيام إلى خفض إصابة الثمار بعد الحصاد بكل من الفطرين *Botrytis cinerea*، و *Rhizopus stolonifer*، وذلك عندما كان تخزينها على ١٨°م. وقد أدى تغليف الثمار بالشيتوسان بتركيز ١٪ بعد الحصاد – بالإضافة إلى معاملة الرش – قبل الحصاد – بمحلول بيروكسى حامض الخليك – إلى تقليل أعفان الثمار لمدة ١٢ يومًا بعد الحصاد مقارنة بمعاملة الرش منفردة (Narciso وآخرون ٢٠٠٧).

## المكافحة الجيدة للبوترينس

وجد أن رش نباتات الفراولة مرة واحدة أسبوعيًا أثناء فترتى الإزهار ونمو الثمار بأى

مــن المبيــدات الفطريــة iprodione، أو metameclan، أو captafol أدى إلى إحــداث نقص جوهرى فى إصابة الثمار بـالفطر *B. cinerea* – مـسبب مـرض العفـن الرمـادى – خلال فترة تخزين امتدت لمدة ١٠ أيام بعد الحصاد على ٢°م، ثم الحفظ لمدة يومين على حرارة ٢٠°م – فى محاكاة لظروف الشحن البحرى – ثـم العـرض للبيـع ( Aharoni & Barkai-Golan ١٩٨٧).

## فسيولوجيا ما بعد الحصاد

نتناول بالشرح موضوع فسيولوجيا ما بعد الحصاد – قبل دراسـة موضوع الحصاد ذاته وعمليات التداول التالية للحصاد حتى وصول المنتج إلى المـستهلك – وذلـك لكـى نـتمكن من فهم الأسباب التى تدعونا إلى إعطاء أهمية قصوى لكل ما سيأتى بيانه عـن الحـصاد وعمليات التداول، حتى يحتفظ المنتج بجودته العالية لأطول فترة ممكنة

### التغيرات التى تطرأ على الثمار بعد الحصاد

إن من أهم التغيرات التى تلى الحصاد، والتى تؤثر فى جودة ثمار الفراولة، ما يلى

#### اكتمال النضج وتأثره بالحرارة والضوء

يمكن لثمار الفراولة التى تحصد قبل تمام نضجها أن تكمل نضجها بعـد الحـصاد – وفى غياب الضوء – ولكن ذلك يعتمد على درجة الحرارة. ويمكن للضوء أن يزيـد قلـيلاً من سرعة النضج ودرجة التلوين على ٢٤°م. هذا إلا أن محتوى السكر بالثمار لا يطرأ عليه أى تحسن بعد الحصاد

فعندما قطفـت ثمـار الفراولـة مـن صـنف كنـت Kent، وهـى فـى مراحـل التلـوين بالأحمر، وبالوردى، وبـالأبيض وخزنـت علـى حـرارة ١٥°م فـى الـضوء، وقـيم فيهـا التلون السطحى وتكوين المركبات التطايرة على مدى ١٠ أيام . وصل إنتاج المركبـات المتطايرة فى الثمار الحمراء والوردية إلى قمته بعد أربعة أيام من التخزين، وكان أقصى إنتاج لهذه المركبات فى الثمار الحمراء ٨ أمثال أقصى إنتـاج لهـا فـى الثمـار الورديـة و ٢٥ مثل أعلى إنتاج لها فى الثمار الخضراء هذا ولم يبدأ إنتـاج المركبـات المتطـايرة

فى الثمار الخضراء إلا بعد مرور ٤ أيام من الحصاد، ثم استمر إنتاجها بعد ذلك. وقد تواكبت التغيرات فى التلون السطحى للثمار بعد الحصاد مع التغيرات التى حدثت فى إنتاج المركبات المتطايرة.

ولدى مقارنة التخزين فى الضوء مع التخزين فى الظلام، وفى حرارة ١٠°م مقارنة بحرارة ٢٠°م وجد أن تكوين المركبات المتطايرة والصبغات الأنثوسيانينية – فى الثمار التى قطفت وهى وردية اللون – تأثر بكل من الضوء ودرجة الحرارة (Miszczak وآخرون ١٩٩٥).

## فقدان الرطوبة

يشكل الماء حوالى ٩٠٪–٩٥٪ من ثمار الفراولة، ويؤدى فقد الماء عن طريقى النتح والتنفس إلى حدوث فقد فى الوزن، وكرمشة، وقتامة فى اللون. وفضلاً عن ارتفاع معدل تنفس ثمار الفراولة، فإن معدل النتح يزداد فيها – كذلك – بسبب ارتفاع نسبة سطحها إلى حجمها، ولأن طبقة الأديم cuticle التى تغطيها رقيقة للغاية.

كذلك يؤدى الفقد الرطوبى إلى ذبول أوراق الكأس وجفافها.

وتجدر الإشارة إلى أن فقد الرطوبة يزداد فى ثمار الفراولة الصغيرة الحجم عما فى الثمار الكبيرة بسبب زيادة مساحة السطح الخارجى لكل وحدة وزن من الثمرة فى الثمار الصغيرة عما فى الكبيرة.

## فقدان الصلابة

تفقد ثمار الفراولة كثيرًا من صلابتها بين طورى النضج الأبيض والأحمر، وتستمر فى فقدها لصلابتها بعد الحصاد، حيث تنفصل الجدر الخلوية على امتداد الصفيحة الوسطى، مع تحرر بكتينات ذات وزن جزيئى كبير وهيميسيليوز أما الثمار التى تقطف قبل اكتمال تكوينها فلا تحدث فيها تغيرات القوام الطبيعية (عن Mitchell وآخرين ١٩٩٦)

ويزداد معدل تدهور ثمار الفراولة وتزداد سـرعة فقـدها لـصلابتها عنـد حـصادها فـي مرحلة اللون الأحمر عما يكون عليه الحال عند حصادها في مرحلة القمة البيضاء، وعند تخزينها على ١٠ْم عما فى حالة تخزينها على ٣ْم.

## التغيرات اللونية

تزداد دكنة اللونين الخارجي والداخلى لثمار الفراولة أثنـاء التخـزين وتـصبح حمـراء قرمزية اللون، كما يختفي بريقها بسـرعة كبيرة، وخاصة عندما يكون التخزين علـى ٥ْم – أو أعلى من ذلك – مع رطوبة نسبية منخفضة ويبدو أن التغير اللونى يكون مرده إلى تغـير pH الثمـرة مـن المجـال الحامـضى إلى المجـال القلـوى، ممـا يـؤثر فـى أيـض الأنثوسيانين، أما فقد الثمرة لبريقها فيكون مردة إلى فقد الرطوبة الذى يؤدى إلى كرمـشة الأديم

هذا وتحتوى الثمار الحمراء عند الحصاد علـى الأنثوسـيانينات بتركيـزات تعـادل خمسة أضعاف تلك التى تحتويهـا الثمـار ذات القمـة البيـضاء ويقـل هـذا الفـارق أثنـاء التخزين وبالمقارنة فإن الثمار التى تُحصد فى مرحلة القمة البيضاء يزيد محتواها مـن الفلافونات والفينولات الكلية والنشاط المضاد للأكسدة عما فـى الثمـار التـى تحـصد فـى مرحلة اللون الأحمر (Shin وآخرون ٢٠٠٨)

كذلك تختلف نوعية الأنثوسيانينات التى تتكون فى الثمار التـى تنـضج حقليًـا وهـى على النبات عن تلك التى تتكون أثناء التخزين، حيث يتكون بالأخيرة نسبة أعلـى مـن الـ cyanidin-3-glucoside، وهى التى تكون أقتم لونا (Hancock ١٩٩٩)

## التغيرات فى محتوى الثمار من حامض الأسكوربيك

ينخفض محتوى حامض الأسـكوربيك فى الثمار ذات القمـة البيـضاء عمـا فـى الثمـار الحمراء، ولكنه يزيد قليلاً فى الثمار الأولى بعد الحـصاد، بينمـا يبقـى ثابتً فـى الثمـار الثانية على ١٠ْم إلى أن يبدأ فى الانخفاض بعد ١٢ يومًا (Shin وآخرون ٢٠٠٨)

## الإصابة بالأضرار الميكانيكية

تتكون الأضرار injuries التى تظهر بثمار الفراولة إما من القطوع cuts، وإما من الخدوش bruises التى تحدث أثناء الحصاد أو النقل. تؤدى هذه الأضرار إلى تقاطر العصير الخلوى من الثمار، كما أنها تشكل منفذًا لإصابتها بالكائنات المسببة للأعفان.

وتحدث الخدوش بالثمار عند إسقاطها من ارتفاع يزيد عن ٨ سم على سطح صلب، وخاصة عندما تكون الثمار باردة. كما تحدث عند كثرة الضغط عليها بين الأصابع أثناء الحصاد، وعند زيادة تعبئة البنتس عما ينبغى، وخاصة فى الثمار الدافئة؛ ولذا . يفيد الحصاد أثناء انخفاض درجة الحرارة فى تقليل هذه النوعية الأخيرة من الأضرار.

## الإصابة بالأعفان

يعتبر العفن الرمادى grey mold الذى يسببه الفطر *Botrytis cinerea* أكثر الأعفان انتشارًا وأهمية وأكثرها إحداثًا للخسائر بعد الحصاد فى حرارة التخزين المنخفضة، ناهيك عن أضراره الجسيمة فى حرارة التخزين المرتفعة.

وفى حرارة ١٠°م أو أعلى من ذلك يمكن أن تنتشر – كذلك – الإصابة بعفن ريزوبس Rhizopus الطرى فى خلال يوم واحد أو يومين.

قد تبدو إصابات البوتريتس السابقة للحصاد كبقع ثمرية صغيرة، سريعًا ما تكبر فى الثمار الناضجة، لتنتشر فى كل أجزاء الثمرة والثمار المجاورة لها من العبوة بعد الحصاد.

ويمكن أن يصيب فطر البوتريتس الأزهار ويبقى ساكنًا بها إلى ما بعد عقد الثمار وحتى نضجها، حين يبدأ نشاطه المرضى، كما يمكن أن يصيب الفطر الثمار من خلال الجروح أثناء نضجها وتداولها. وينتشر الغزل الفطرى السطحى من الثمار المصابة إلى الثمار المجاورة لها مكونًا ما يعرف بـ "العش" nest، الذى يزداد اتساعًا باستمرار ويمكن للفطر أن يستمر فى النمو على درجة الصفر المئوى، ولكن ببطء شديد مقارنة بنموه فى درجات الحرارة الأعلى من ذلك (عن Mitchell وآخرين ١٩٩٦).

وتفيد سرعة تبريد الثمار إلى الصفر المئوى – ثم المحافظة على سلسلة التبريد بعد ذلك – فى الحد من انتشار الإصابة بمختلف الأعفان أثناء التخزين المؤقت، والشحن، والعرض فى الأسواق

## معدل تنفس الثمار

تتميز ثمار الفراولة بمعدل تنفس عال للغاية وتقدر كمية الطاقة الحرارية التى تنتج عن تنفس طن واحد من ثمار الفراولة يوميًا بحوالى ٣٣٠٠ وحدة حرارية بريطانية فى حرارة الصفر المئوى، ترتفع إلى ٤١٨٠٠ وحدة حرارية بريطانية فى حرارة ٢٧°م

ويتباين معدل تنفس الفراولة حسب درجة الحرارة، كما يلى:

| الحرارة (°م) | معدل التنفس (ملليلتر ثانى أكسيد كربون/كجم فى الساعة) |
|---|---|
| صفر | ٦–١٠ |
| ١٠ | ٢٥–٥٠ |
| ٢٠ | ٥٠–١٠٠ |

هذا . ولا تحدث ظاهرة الكلايمكتيرك فى ثمار الفراولة أثناء نضجها، فقد وجد أن معدل تنفس الثمار المقطوفة والموضوعة أعناقها فى الماء لمنع جفافها انخفضت أثناء نضجها على ٢٠°م من ٢٤٠ ملليلتر من ثانى أكسيد الكربون لكل كيلو جرام من الثمار الخضراء فى الساعة إلى ٢٠ فى الثمار الوردية، وإلى ٢٥ فى الثمار الحمراء وبالمقارنة كان معدل تنفس الثمار المقطوفة فى درجات مختلفة من النضج هو ٤٥ مل/كجم فى الساعة فى الثمار الخضراء، مقارنة بنحو ٢٠ مل/كجم فى الساعة فى الثمار الوردية، و ٣٠ مل/كجم فى الساعة فى الثمار الحمراء القاتمة (عن Perkins-Veazie ١٩٩٥).

## إنتاج الثمار من الإثيلين

يعتبر إنتاج ثمار الفراولة من الإثيلين شديد الانخفاض حيث يتراوح بين ١٥، و ٨٠

نانوليتر لكل كيلو جرام من الثمار فى الساعة فيما بين مرحلتى اللون الأخضر والأحمر القاتم، على التوالى (عن Perkins-Veazie ١٩٩٥)

كما لم تكن لمعاملة ثمار الفراولة بالإثيلين تأثيرًا يذكر على إنضاجها، وقد استعمل لهذا الغرض غاز الإثيلين حتى تركيز ٢٠٠ ميكروليتر/لتر، وغاز البروبلين حتى تركيز ٥٠٠٠ ميكروليتر/لتر، والإثيفون رشًا حتى تركيز ١٠٠٠ جزء فى المليون (عن Perkins-Veazie ١٩٩٥). وبذا .. فإنه لا يمكن حصاد الثمار قبل اكتمال تكوينها على أمل إنضاجها بالمعاملة بالإثيلين بعد الحصاد هذا بالإضافة إلى أن زيادة تركيز الإثيلين عن ١٠ أجزاء فى المليون تحفز الإصابة بالعفن الرمادى، كما قد تؤدى إلى التواء وانحناء أوراق كأس الثمرة (عن Mitchell وآخرين ١٩٩٦)

## موسم الحصاد ودورات الإنتاج

على الرغم من أن إنتاج بعض المزارع الخاصة من بعض الأصناف الشديدة التبكير يمكن أن يبدأ فى أواخر شهر أكتوبر، إلا أن غالبية المزارع لا يبدأ إنتاجها من الفراولة قبل منتصف شهر نوفمبر. يكون الإنتاج شديد الانخفاض فى البداية، ولا يتعدى – غالبًا – ٣٠٠ كجم للفدان حتى آخر شهر نوفمبر، ثم يزداد معدل الإنتاج سريعًا إلى أن يصل إلى قمة الدورة الأولى من الإنتاج، ويكون ذلك ما بين ١٥ ديسمبر وآخر يناير حسب الصنف ومدى تبكيره فى الإنتاج. يعقب ذلك فترة ينخفض فيها معدل الإنتاج تدريجيًّا إلى أن يصل إلى أقل معدل له لمدة تمتد حوالى أسبوعين خلال شهر فبراير. ومع بداية شهر مارس يزداد معدل الإنتاج بشدة مرة أخرى إلى أن يصل إلى أقصى معدل له – على امتداد الموسم كله – خلال النصف الثانى من شهر مارس، ويلى ذلك انخفاض الإنتاج مرة أخرى إلى أن يتوقف تمامًا – أو يصبح الحصاد غير اقتصادى – فى منتصف شهر مايو.

وجدير بالذكر أن أسعار الفراولة فى أسواق التصدير الأوروبية لا تكون مرتفعة قبل منتصف شهر نوفمبر، إلا أن البداية المبكرة للحصاد فى أواخر أكتوبر أو أوائل نوفمبر

يجعل المزرعة فى أوج إنتاجها حينما ترتفع أسعار التصدير خلال النصف الثانى من شهر نوفمبر

**ويمر الصنف سويت تشارلى – وهو من أكثر الأصناف المزروعة محليًا تبكيرًا – بثلاث دورات للإنتاج عند زراعته بالطريقة الفرش، كما يلى:**

الدورة الأولى، وهى تمتد من حوالى منتصف نوفمبر إلى منتصف يناير، وتبلغ أوجها فى منتصف شهر ديسمبر

الدورة الثانية، وهى تمتد من حوالى منتصف شهر يناير إلى منتصف فبراير، وتبلغ أوجها فى آخر يناير، وهى أقل الدورات فى كمية المحصول.

الدورة الثالثة، وهى تمتد من حوالى منتصف فبراير إلى آخر مارس، وتبلغ أوجها فى منتصف شهر مارس

ويمكن أن يستمر الإنتاج بعد ذلك منخفضًا من أول أبريل حتى منتصف مايو

ويكون توزيع إنتاج الصنف سويت تشارلى على مدى موسم الحصاد على النحو لتالى

| الفترة | الإنتاج (% من المحصول الكلى) |
|---|---|
| النصف الثانى من نوفمبر | ٨ |
| النصف الأول من ديسمبر | ١٦ |
| النصف الثانى من ديسمبر | ١٢ |
| النصف الأول من يناير | ١٠ |
| النصف الثانى من يناير | ٨ |
| النصف الأول من فبراير | ٨ |
| النصف الثانى من فبراير | ١٤ |
| النصف الأول من مارس | ١٦ |
| النصف الثانى من مارس | ٥ |

| الفترة | الإنتاج (% من المحصول الكلى) |
| --- | --- |
| النصف الأول من أبريل | ١ |
| النصف الثانى من أبريل | ١ |
| النصف الأول من مايو | ١ |

ويبين جدول (٧–٢). توزيع الإنتاج فى صنفين آخرين من الفراولة، وهما سلفا وهو محايد للفترة الضوئية، وشاندلر وهو قصير النهار ومتأخر، وذلك عند زراعتهما بالطريقتين: الفريجو والفرش (عن Picha ١٩٩٧).

جدول (٧–٢): مقارنة الإنتاج لصنفى الفراولة سلفا وشاندلر فى طريقتى الزراعة الفريجو والفرش (النسبة المئوية للإنتاج).

| | سلفا | | شاندلر | |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| الشهر | فريجو | فرش | فريجو | فرش |
| نوفمبر | – | ٥ | – | – |
| ديسمبر | – | ١٠ | – | ٥ |
| يناير | – | ٢٠ | – | ١٠ |
| فبراير | ١٥ | ٢٠ | ٥ | ٢٥ |
| مارس | ٢٥ | ٢٥ | ٢٥ | ٣٠ |
| أبريل | ٣٥ | ٢٠ | ٣٥ | ٢٠ |
| مايو | ٢٠ | – | ٢٥ | ١٠ |
| يونية | ٥ | – | ١٠ | – |

## الحصاد

### الحصاد لأجل التسويق المحلى للثمار الطازجة

يكون الحصاد كل ٢–٥ أيام حسب درجة الحرارة، ويراعى أن يجرى فى الصباح

الباكر، ولكن بعد زوال الندى من على النباتات حتى لا تنتشر الأمراض من النباتات المصابة إلى السليمة أثناء مرور العمال في الحقل. تقطف الثمرة بجزء من العنق يبلغ طوله نصف سنتيمتر، ويجب ألا يحتفظ العامل بأكثر من ثمرتين في يده أثناء الحصاد

وتحصد الثمار – لأجل التسويق الطازج محليًا – وهي ملونة بنسبة ٧٥٪ (ثلاثة أرباع تلوين)، أو كاملة التلوين، ويتوقف ذلك على درجة الحرارة السائدة، ومدى قرب الأسواق فتزيد درجة النضج التي يجرى عندها الحصاد في الجو البارد، وعند قرب الأسواق من منطقة الإنتاج وبرغم أن الثمار التي تحصد – وهي في مرحلة ربع، أو نصف تلوين – يكتمل تلونها في حرارة ٢١°م، إلا أنها تكون أقل جودة. لذا فإنه لا ينصح بحصاد الثمار قبل وصولها إلى مرحلة ثلاثة أرباع التلوين

تنقل الثمار بعد الحصاد مباشرة إلى مكان مظلل، حيث تستبعد الثمار المصابة بالأمراض حتى لا تفسد باقي الثمار في العبوات، كما تستبعد الثمار الخضراء، والزائدة النضج، والمشوهة بشدة، ويلي ذلك تعبئة الثمار في عبوات من عيدان الحناء، أو في عبوات خشبية للسوق المحلي

## الحصاد لأجل تصدير الثمار الطازجة

### أمور عامة تجب مراعاتها

إن من أهم الأمور التي تجب مراعاتها عند حصاد الفراولة لأجل التصدير، ما يلي:

١ – مراعاة جميع الأمور المتعلقة بالصحة العامة، والتي من أهمها ما يلي.

أ – ضرورة قيام جميع المشتغلين بعملية الحصاد بغسل أياديهم بصابون مضاد للبكتيريا anti bacterial soap قبل القيام بعملية الحصاد مباشرة، وكذلك بعد استعمال المراحيض، وبعد تناول الطعام، وبعد أي مرة تتلوث فيها الأيدي بأي طريقة كانت

ب – ضرورة تقليم الأظافر مع تفريشها بالماء المضاد للبكتيريا

جـ – ضرورة عدم ارتداء أي خواتم بالأصابع أثناء الحصاد لأن الميكروبات يمكن أن تتراكم تحتها

د – تجفف الأيدى – بعد غسلها – بورق تنشيف نظيف، مع التخلص من الفوط الورقية فى سلة مهملات بلاستيكية ذات غطاء.

هـ – استعمال مناشف مضادة للبكتيريا لمسح الأيدى بها عندما يتطلب الأمر تنظيفها من أى أتربة أثناء عملية الحصاد.

و – إذا ظهر أثناء الحصاد أن عنق إحدى الثمار كان أطول عما ينبغى فإنه يتعين تقصيره إلى الطول المناسب باستعمال الأصابع، وليس بقرضه بالأسنان.

ز – يجب عدم النفخ فى الثمار لإزالة الأتربة التى قد تكون عالقة بها، ويمكن أن يستعمل بدلاً من ذلك قطعة إسفنجية نظيفة تمرر على الثمرة برفق شديد حتى لا تجرح.

٢ – يجب أن يجرى الحصاد لأجل التصدير يوميًا، ويفضل أن يكون ذلك فى ساعات الصباح المبكرة قبل ارتفاع درجة الحرارة، حيث تكون حرارة الثمار مرتفعة، مما يجعلها عرضة للأضرار التى تنشأ عن عمليات التداول، وتتطلب وقتا أطول فى عملية التبريد الأولى لأجل التخلص من حرارة الحقل، مما يزيد من التكلفة، ويزيد من الفترة التى يرتفع فيها معدل تنفس الثمار إلى حين خفض حرارتها إلى الصفر المئوى.

٣ – هذا . إلا أن الحصاد يجب ألا يبدأ قبل جفاف معظم الندى فى الصباح، ويعرف ذلك بمسح النباتات بالمرور عليها باليدين. فإذا تبين وجود كثير من البلل يتعين الانتظار لمدة حوالى ساعة قبل بدء الحصاد. وترجع أهمية هذه الخطوة إلى أنها تقلل من فرصة التصاق الرمل والتربة بالثمار وهى مبتلة

٤ – تستخدم اليدان معًا فى مسح النباتات بحثا عن الثمار الصالحة للحصاد، وذلك أمر مهم لأن بعض الثمار التى يغطيها النمو الورقى لا يمكن رؤيتها إلا بهذه الطريقة

٥ – يتعين عند الحصاد فحص كل نبات على حدة، مع التركيز فقط على نباتات الخطين القريبين للقائم بعملية الحصاد التى تقع بين القوسين السلكين المحددين للمساحة التى جاء عليها الدور فى الحصاد

٦ – تجب عدم محاولة الوصول إلى الثمار التى توجد فى الجانب الآخر من المصطبة

بعد منتصفها، فسوف يقوم بحصادها عامل آخر وتؤدى محاولة الوصول إليها إلى وضع القائم بالحصاد يده على البلاستيك ليستند عليه، وهذا يؤدى إلى تلوث الأيدى بالتراب، ومن ثم احتمال وصول الجراثيم إلى الثمار، كما أن الاستناد على البلاستيك بهذه الطريقة يمكن أن يؤدى إلى الأضرار بالنباتات والثمار وبالمصاطب ذاتها

٧ – كذلك يجب عدم الاستناد على المصاطب بالركبة، أو السير عليها لأن ذلك يؤدى حتمًا إلى الإضرار بالمصاطب؛ مما يسبب مشاكل عند الحصاد

٨ – يجب أن يضع القائم بعملية الحصاد قفازًا بلاستيكيًا فى جيبه لاستعماله عند الحاجة فى إزالة الثمار التى تكون فى مراحل متقدمة من العفن. وبعد استخدام القفاز فإنه يخلع بحرص ويلف جانبه الداخلى على جانبه الخارجى التلوث ويوضع فى جيب القائم بعملية الحصاد لحين استعماله مرة أخرى.

٩ – إذا حدث وخطا أحد العمال على ثمرة فإنه يتعين إزالتها فى الحال لأنها إذا تركت فسوف تتعفن حتمًا، وتكون مصدرًا لانتشار العفن، ويراعى عند إزالة الثمار المتعفنة عدم ملامستها باليد

١٠ – تجب كذلك إزالة الثمار المشوهة إذا أمكن التعرف عليها وهى صغيرة، وذلك حتى لا تستنفذ طاقة النبات فى تكوين ثمار غير مرغوب فيها. أما إذا لم يتم التعرف على هذه الثمار إلا فى مرحلة متقدمة من نموها، فإنه يفضل تركها لحين نضجها ثم حصادها للسوق المحلية

١١ – يتم قطف الثمار بجزء من العنق يتراوح بين ٥، و ١٠ مم.

١٢ – تحصد ثمار التصدير إلى أوروبا وهى فى مرحلة ٧٥٪ تلوين مع حوالى ٢٥٪ أكتاف خضراء، وتستثنى من ذلك السوق الفرنسية التى تتطلب الحصاد فى مرحلة ٩٠٪ تلوين مع حوالى ١٠٪ أكتاف خضراء أما ثمار الأصناف الصلبة مثل كاماروزا وسلفا فإنها تحصد وهى مكتملة التلوين

١٣ – يراعى أن الثمار الزائدة النضج لا تتحمل عمليات التداول والشحن، وتكون هذه الثمار عند وصولها إلى أسواق التصدير طرية ولا تصلح للعرض بالأسواق.

١٤ – يجب توجيه جميع الثمار التى تفقد كؤوسها أثناء الحصاد، وتلك التى تكون زائدة النضج إلى خط محصول التصنيع

١٥ – يجب ألا تقل نسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية فى ثمار الفراولة المعدة للتصدير عن ٧٪، وذلك هو الحد الأدنى، ولكن النسب المرتفعة عن ذلك هى المفضلة. وفى الولايات المتحدة تُشترط نسبة مواد صلبة ذائبة كلية مقدارها ٩٪ فى ثمار الدرجة الأولى U. S. #1

١٦ – يجب ألا تتجاوز الفروق بين أقطار الثمار أكثر من ١٠ ملليمترات فى البنت punnet الواحدة.

١٧ – يجب فحص الثمار بعد حصادها – وقبل وضعها فى البنتس punnets – للتأكد من خلوها من البتلات الجافة تحت الكأس، والرمل، والحشرات، والأضرار الحشرية.

## الحصاد مع التعبئة فى المحطات الحقلية

يراعى عند إجراء التعبئة فى المحطات الحقلية أن يكون حصاد محصول التصدير على النحو التالى:

١ – يفضل لأجل تسهيل عملية الحصاد استعمال عربة صغيرة ذات ثلاث عجلات لحمل الكراتين أو عبوات الحقل، ويتم سحب هذه العربات بين مصاطب الزراعة.

٢ – يتم قطف الثمار بالإمساك بعنق الثمرة (وليس بالثمرة ذاتها) بين السبابة والإبهام، بينما تكون الثمرة براحة اليد، ثم تلف الثمرة إلى أعلى حتى تنفصل بجزء من العنق يتراوح طوله بين ٠,٥، و ١,٠ سم، مع الكأس الأخضر. ويراعى ألا تتعرض الثمرة أثناء الحصاد لأى ضغط عليها، وإلا أدى ذلك إلى إحداث أضرار شديدة بها، وسرعة تغير لون الأنسجة الضارة.

٣ – توضع الثمار المقطوفة برفق فى عبوات الحقل دون إسقاطها، ويجب أن يتم ذلك أولاً بأول؛ فلا يجوز أبدًا الاحتفاظ بأكثر من ثمرتين فى راحة اليد، وألا تزيد فترة الاحتفاظ بهما عن ثوانٍ معدودة لحين وضعها فى عبوات الحقل

٤ – تتكون عبوات الحقل من طاولات (صوان) خشبية تبلغ أبعادها ٣٠ × ٤٠ سم وبعمق ٧ سم يوضع فى قاع كل صينية منها رقيقة إسفنجية بسمك سنتيمتر واحد، لتقلل إصابة الثمار بالكدمات ويعاب على هذه الرقائق الإسفنجية أنها تكون مصدرًا متجددًا لإصابة الثمار بمختلف الكائنات الدقيقة المسببة للأعفان، وتلك الضرة بصحة الإنسان، ولذا يفضل استبدالها بشرائح بلاستيكية ذات فقاعات هوائية ليسهل تنظيفها، مع وضعها بحيث يكون جانب الشريحة الذى تبرز منه الفقاعات إلى أسفل

٥ – يجب عدم ملئ العبوات الحقلية عما ينبغى لأن ذلك يزيد كثيرًا من حالات الأضرار الميكانيكية، مثل الخدوش السطحية والتهتك السطحى للأنسجة

## الحصاد مع التعبئة الحقلية

تعرف عملية الحصاد مع التعبئة الحقلية باسم field packing، وهى تعد ضرورة حتمية إذا أريد للمنتج المصرى من الفراولة أن يكون منافسًا قويًا للمحصول المنتج من الدول الأخرى المنافسة فى أسواق التصدير العالمية؛ ذلك لأن التعبئة الحقلية تعنى تداول الثمار يدويًا مرة واحدة، وقلة تعرضها للإصابة بالكدمات، وسرعة تبريدها أوليًا، الأمر الذى يعنى زيادة قدرتها التخزينية مع احتفاظها بجودتها لفترة أطول عما فى حالة التعبئة فى المحطات الحقلية

تعتمد عمليتا الحصاد والتعبئة الحقلية على توفر عربة خاصة حقلية تُصنَّع محليًا، ويتم جرها يدويًا بين مصاطب الزراعة.

تصنع عربة الحصاد الحقلية من أسياخ حديدية دائرية المقطع، وعجلات كبيرة نسبيًا تسمح بسهولة حركتها، علما بأن حركة العربة تكون أسهل بكثير عند سحبها وليس عند دفعها ويوجد بالعربة حلقة لوضع كيس القمامة، ومكان لوضع صندوق بلاستيكى توضع فيه البنتس punnets التى توضع فيها الثمار التى يتم قطفها من الرتبتين السوبر (الإكسترا) والأولى، ومكان آخر بمقدمة العربة لوضع صندوق آخر توضع فيه ثمار الرتبة الثانية، ويد لسحب العربة، ويوضع فى قاع العربة صندوق آخر لتجميع

الثمار التى توجه للسوق المحلى، ويوضع بقاع هذا الصندوق شريحة من البلاستيك ذات فقعات هوائية، وذلك أدعى للنظافة من استعمال رقائق الإسفنج.

يخصص كيس القمامة لوضع الثمار المصابة بالأعفان، وكذلك الثمار غير المكتملة النمو التى تقطف مبكرًا لأنها تكون مشوهة وغير منتظمة الشكل، ومختلف البقايا الأخرى.

تستعمل عادة البنتس العميقة التى تتسع لطبقتين من الثمار لتعبئة ثمار الرتبتين الأولى والثانية، بينما تستعمل البنتس المسطحة التى تتسع لطبقة واحدة من الثمار لتعبئة ثمار رتبة السوبر، وجميعها تتسع لما مقداره ٢٥٠ جم من الثمار. هذا علمًا بأن البنتس المسطحة تطلبها – عادة – محلات السوبر ماركت الأوروبية

يجب عند وضع شريحة البلاستيك ذات الفقعات الهوائية فى قاع البنتس (وهى مطلوبة فى الأسواق الأوروبية) أن يكون الجانب الذى تبرز منه الفقعات إلى أسفل فى البنت؛ فذلك يسمح بانسياب التيار الهوائى – عند التبريد – أسفل الثمار، ويقلل من احتمال الإضرار بها. وتلعب هذه الوسائد البلاستيكية دورًا هامًا فى تقليل الأضرار الميكانيكية التى يمكن أن تحدث بالثمار أثناء الشحن.

يفضل رص صندوقين أو ثلاثة صناديق بلاستيكية فوق بعضها البعض على عربة الحصاد الحقلى لأجل زيادة كفاءة عملية الحصاد؛ حيث لا يحتاج القائمين بالحصاد إلى العودة كل فترة للتزود بهذه الصناديق. وبمجرد امتلاء الصناديق فإنها تنقل إلى مكان التجميع الحقلى بمعرفة شخص آخر يقوم – كذلك – بتزويد القائم بالحصاد بمزيد من الصناديق.

يجب أن يخصص لكل خط عامل واحد يقوم بحصاده.

يتم الاسترشاد بالأقواس السلكية التى تحمل الغطاء البلاستيكى فى معرفة نهاية الجزء الذى تم حصاده من الخط، مع التركيز فى عملية الحصاد على نباتات الخط التى توجد بين قوسين.

يقف القائم بعملية الحصاد بين مصطبتين، ويركز جهده على الخطين القريبين منه فقط فى كل مصطبة عن يمينه ويساره، فينتهى أولا من حصاد جميع النباتات التى تقع فى الخطين القريبين منه بين القوسين السلكيين اللذان انتهى عندهما الحصاد، ثم يستدير إلى الخلف ليقوم بحصاد النباتات التى تقع فى المصطبة الأخرى فى الخطين القريبين منه بين القوسين السلكيين اللذان انتهى عندهما الحصاد. ويلى ذلك سحب عربة الحصاد الحقلى لتكون فى متناول اليد عند تكرار العملية بين قوسين سلكيين آخرين هذا ويترك خطا النباتات على الجانب الآخر من كل من المصطبتين ليقوم بحصادها عاملين آخرين.

يتم الحصاد بالإمساك بالثمرة بين السبابة والإبهام، مع جعل ظهر الإبهام موجهًا للقائم بالحصاد، وبالضغط على العنق يتم قطعه بحركة سريعة إلى أعلى بالسبابة وإلى أسفل بالإبهام وهذه الحركة تؤدى إلى قصف عنق الثمرة بسهولة وبالطول المرغوب فيه

وبعد الحصاد لا يتم تداول الثمرة إلا من ساقها

توضع الثمرة برفق فى البنت الخاصة بالرتبة المناسبة لها، على أن تكون ساقها إلى أسفل وقمتها إلى أعلى مع مراعاة ألا يخترق ساق الثمرة المجاورة لها.

يجب توخى الحذر التام عند الرغبة فى تعديل وضع الثمار بالبنت لأجل تحسين وضعها أو لأجل إضافة المزيد من الثمار إليها بغرض الوصول بها إلى الوزن المطلوب، وإذا ما تطلبت الضرورة القصوى إجراء هذا التعديل فإنه يجب تداول الثمار برفق شديد،مع عدم دفعها فى البنت وإلا حدثت بها خدوش وتهتكات تقلل كثيرًا من قدرتها التخزينية، وتعرضها للإصابة بالأعفان.

إذا لوحظ وجود ثمار مقطوفة على المصاطب فإنه تجب إما إزالتها والتخلص منها بوضعها فى كيس القمامة، وإما وضعها فى الصندوق المخصص للتسويق المحلى إن كانت بحالة جيدة

تجب دائمًا إزالة أى ثمرة يعثر عليها تكون مصابة بالعفن، ووضعها فى كيس

القمامة. وإذا كان العفن ما يزال فى مراحله الأولى فإنه يمكن التخلص من الثمرة دون أن تلامس يد القائم بالحصاد الجزء المتعفن من الثمرة، أما إذا كان العفن فى مرحلة متقدمة بحيث يصعب التخلص من الثمرة دون ملامسة الجزء المتعفن منها، فإنه يتعين استعمال القفازات أو المناديل الورقية فى الإمساك بالثمرة.

ومن أهم مزايا التعبئة الحقلية إجراء عمليات الفرز والتدريج والتعبئة فى آن واحد، فتقل بذلك عمليات التداول، وتقل معها احتمالات تعرض الثمار للإصابة بالخدوش والكدمات. ويتم أثناء الفرز استبعاد الثمار المصابة ميكانيكيًا أو مرضيًا، والثمار المصابة بلفحة الشمس، وتلك التى تظهر بها آثار تغذية الحشرات، والمشوهة، والطرية، والزائدة النضج، والتى فقدت كأسها، والمتشققة، والمجروحة، والصغيرة الحجم، وغير الناضجة.

عند إجراء التعبئة الحقلية فإن متوسط إنتاج العامل أو العاملة يجب أن يكون فى حدود ٢٤–٣٢ بَنِتْ punnet — أو حوالى ٣ إلى ٤ كرتونات — من الفراولة يوميًا، وذلك من كل فئات المحصول: السوبر، والدرجتين الأولى والثانية. وبالمقارنة .. فإن متوسط إنتاج العامل الواحد بطريقة التعبئة العادية فى محطات التعبئة (مع أخذ كل عمليات الحصاد والتداول فى الاعتبار) يتراوح بين ٤، و ٦ كرتونات يوميًا.

## الحصاد لأجل التصنيع

يجرى الحصاد لأجل التصنيع عندما تكون الثمار مكتملة التلوين، وهى مازالت صلبة، ويزال منها الكأس وعنق الثمرة فى الحقل (Welch وآخرون ١٩٨٢).

وقد جرت محاولات عديدة لتطوير آلات لأجل حصاد ثمار الفراولة الخاصة بمحصول التصنيع آليًا، وذلك فى كل من ولايتى أركنسا Arkansas وميتشجان Mitchigan الأمريكيتين، وفى إيطاليا، والدانمرك، وبريطانيا، وكندا وقد صممت أول آلة حصاد لهذا الغرض فى جامعة أركنسا فى عام ١٩٦٧، ثم طورت كثيرًا بعد ذلك. وتعتمد فكرة الحصاد فى جميع الآلات التى صممت على نزع الثمار من النباتات بواسطة

أصابع تمر خلال النموات الخضرية، ثم فصل الثمار عن البقايا النباتية الأخرى أثناء مرورها على أجزاء الآلة

ويعتمد عمل هذه الآلات على زراعة الفراولة فى خط واحد أو خطين بالمصطبة، ثم قيام الآلة بحصاد جميع الثمار مرة واحدة ولهذا السبب يفضل إجراء الحصاد اليدوى مرة أو مرتان قبل مرور الآلة وتشكل الثمار الخضراء – التى تحصد تلقائيًا مع الثمار الناضجة – أكبر المشاكل لأنها تقلل من جودة المنتج المصنع، بينما لا يمكن التخلص منها بعد الحصاد. ولكن يعتقد بأن الأصناف ذات الثمار الغنية بالأنثوسيانين يمكنها أن تتحمل وجود نسبة تصل إلى ٥٠٪ من الثمار غير المكتملة التكوين فى المربى لتى تُصنَّع منها

وحتى عام ١٩٩٩ لم يكن موجودا سوى آلة واحدة تعمل تجاريًا فى الحصاد الآلى لمحصول التصنيع، وذلك فى ولاية أوريجون الأمريكية (Morris ١٩٩٩).

ويذكر Smith (١٩٨٦) أنه أمكن حصاد الفراولة آليًا لأجل التصنيع، مع تخزينها فى حرارة ١°م لمدة ٤–٦ أيام فى المخازن المبردة العادية، أو لمدة ٦–٨ أيام عند إجراء تبريد أولى للثمار بطريقة الدفع الجبرى للهواء البارد بعد الحصاد مباشرة، علمًا بأنه لم يحدث نتيجة لذلك أى فقد فى نوعية الثمار المعدة للتصنيع. ويعد تخزين الثمار التى تحصد آليًا أمرًا ضروريًا، وذلك لأن الحصاد الآلى يساعد على زيادة كمية المحصول التى يمكن أن تورد لمصانع الحفظ لأجل تصنيعها.

أما بالنسبة لمحصول الاستهلاك الطازج .. فلا أحد يفكر – بطبيعة الحال – فى حصاده آليًا – على الأقل فى الوقت الحاضر – نظرًا لأن هذه العملية تدمر النباتات، وتؤدى بصفات الجودة، وتقضى على قدرة الثمار على التخزين.

## عمليات التداول السابقة للتبريد الأولى

تختلف عمليات التداول السابقة للتبريد الأولى فى حلة التعبئة فى المحطات الحقلية عما فى حالة التعبئة الحقلية عند الحصاد.

تعتبر ثمار الفراولة أكثر الخضر تعرضًا للتلف والتدهور السريع إن لم يتم التخلص من حرارة الحقل بأقصى سرعة ممكنة بعد الحصاد مباشرة. ويقدر الضرر (التدهور فى النوعية) الذى يحدث للثمار فى ساعة واحدة – وهى على ٣٠°م – بما يعادل الضرر الذى يحدث لها خلال أسبوع كامل من التخزين على درجة الصفر المئوى.

**لذا .. فإنه يتحتم اتخاذ الإجراءات التالية:**

١ – وضع الثمار التى يتم حصادها فى الظل أولاً بأول، مع حمايتها من الرياح الساخنة والأمطار، علمًا بأن الثمار التى تتعرض للشمس ترتفع حرارتها كثيرًا عن حرارة الهواء المحيط بها.

٢ – نقل الثمار التى يتم حصادها أولاً بأول إلى محطة التعبئة الحقلية.

٣ – يجب أن تكون محطة التعبئة فى مكان قريب من الحقل بحيث يمكن أن تنقل إليها الثمار بسرعة وسهولة، وأن تتحرك الثمار بعد ذلك بسهولة إلى التبريد الأولى، ثم إلى التخزين المؤقت لحين شحنها

**وعندما تكون التعبئة فى المحطة الحقلية، فإنه تجرى العمليات التالية:**

١ – يتم فرز الثمار من الصوانى الخشبية (عبوات الحقل)؛ فتستبعد الثمار المشوهة، والمصابة بالأمراض، وغير الكاملة التلقيح، والمجروحة، والمأكولة أجزاء منها بفعل الديدان أو الطيور.

٢ – توضع ثمار الدرجات السوبر، والأولى، والثانية فى البنتس punnets الخاصة بها برفق بعد مسحها بعناية فائقة إما بفرشاة جافة أو بريشة نظيفة، وبعد تهذيب العنق ليصبح بالطول المناسب وهو ٠,٥–١,٠ سم.

٣ – تمسك الثمار دائمًا من العنق، وتوضع فى البنتس بحيث تكون قمتها إلى أعلى، ومع مراعاة عدم زيادة التعبئة فى البنتس عما ينبغى لكى لا تحدث كدمات بالثمار من جراء انضغاطها.

**أما عندما تكون التعبئة قد أجريت في الحقل أثناء الحصاد، فإنه تجرى العمليات التالية:**

١ – تنقل البنتس والكراتين سريعًا إلى محطة الفحص الحقلية لإعادة فحصها ووضع الغطاء عليها ويتعين وضع نظام لنقل المحصول الذى يتم حصاده أولاً بأول، وعلى فترات منتظمة، من الحقل إلى محطة الفحص الحقلية.

٢ – تكون أولى الخطوات بعد وصول المحصول إلى محطة التعبئة هي صف الكراتين في مكان يكون جيد الإضاءة، وتتراوح حرارته بين ٧، و ١٠°م ومن الطبيعي أن يقوم العاملون في هذا المكان بارتداء ملابس ثقيلة لكي يتمكنوا من الاستمرار في العمل تحت هذه الظروف

٣ – يلي ذلك تحريك الكراتين يدويًا أو بالاستعانة بسير متحرك إلى مكان التدريج والوزن، حيث يتم فحص كل بنت على حدة والتأكد من مطابقة الثمار بها لصفات الجودة الخاصة بكل رتبة، وقد يتطلب الأمر استبدال ثمرة أو أكثر في العبوة بثمار أخرى.

**وسواء أجريت التعبئة حقليًا، أم في المحطة الحقلية، فإن الخطوات التالية تكون كما يلي:**

١ – يتم وزن البنتس على ميزان رقمي إلكتروني ذات حساسية جرام واحد أو جرامين، ويجب أن يتراوح الوزن الصافي للثمار بالبنت بين ٢٦٠، و ٢٦٥ جم لكي لا يقل وزنها عند الوصول للمستهلك عن ٢٥٠ جم وفي الوقت ذاته لا تجب زيادة الوزن الصافي للثمار عن ٢٦٥ جم لأن ذلك يعني تصدير نسبة من المحصول قد تصل إلى ١٠٪ بلا مقابل، كما أن زيادة تعبئة البنتس عما ينبغي قد يؤدى إلى انضغاط الثمار وتجريحها

٢ – يلي ذلك وضع الغطاء على البنت، ووضعها في مكانها بالكرتونة.

٣ – تكون أبعاد الكراتين – عادة – ٤٠ × ٦٠ سم، ووتسع كل منها لثماني بنتس سعة كل منها ٢٥٠ جم، أى يكون الوزن الصافي للثمار بالكرتونة ٢ كجم

٤ – يعقب ذلك تحزيم (شمبرة) كل أربع كراتين معًا لأجل تبريدها أوليًا، ولتسهيل تداولها ووضعها في بالتات بعد ذلك

## عبوات الفراولة

### عبوات المستهلك: "البنتس" Punnets

تعرف عبوات المستهلك التى تعبأ فيها ثمار الفراولة باسم "بَنِتسْ" punnets (ومفردها بَنِتْ punnet)، وهى عبوات بلاستيكية شفافة ذات غطاء، تتسع إما لربع كيلوجرام (فى طبقة واحدة، أو أكثر من طبقة)، وإما لنصف كيلو جرام من الثمار. وتتطلب بعض محلات السوبر ماركت (مثل ماركس آندسبنس) بنتس تتسع لما مقداره ٢٢٧ جم (½ رطل) من الثمار.

ويفضل عدم استعمال البنتس التى تتسع لربع كيلو جرام من الثمار إلا عند استخدامها فى تعبئة الثمار المتوسطة الحجم مع إرسالها إلى محلات السوبر ماركت مباشرة. أما عند تعبئة ثمار كبيرة الحجم، أو عند تعبئة ثمار من أى حجم لأجل أسواق البيع بالجملة wholesale markets فإنه يفضل استعمال البنتس التى تتسع لنصف كيلو جرام من الثمار. ويعيب البنتس الصغيرة صعوبة استعمالها فى تعبئة الوزن المطلوب من الثمار الكبيرة، بينما لا يكون من المناسب تعبئة خليط من الثمار الكبيرة والصغيرة معًا فى العبوة الواحدة.

**ومن أهم خصائص البنتس punnets، ما يلى:**

تتميز البنتس بوجود فتحات دائرية أو طولية من جميع الجوانب فى الجزءين العلوى والسفلى من كل جانب، وكذلك من القاع والغطاء حتى يمكن تبريد الثمار بكفاءة. وبغير هذه الفتحات فإن الهواء البارد الذى يستخدم فى عملية التبريد الأولى يقوم بتبريد البنتس ذاتها وليس الثمار. ومع انطلاق بخار الماء من الثمار الدافئة فإنه سريعًا ما يتكثف على الجدر الداخلية للبنتس التى تكون باردة، ليتجمع فى قطرات صغيرة من الماء، تشكل بدورها أفضل الظروف لنمو الفطريات المسببة للأعفان، ويحدث ذلك لأن الثمار تكون دافئة نسبيًا بسبب عدم انسياب الهواء البارد بكفاءة إلى داخل العبوات.

تسمح الفتحات التى توجد على جوانب البنتس بمرور الهواء البارد بداخلها وحول الثمار أثناء إجراء عملية التبريد الأولى بطريقة الدفع الجبرى للهواء. أما فتحات القاع

والغطاء فإنها تسمح باستمرار انسياب الهواء البارد داخل البنتس أثناء الشحن البرى (وأثناء النقل البرى بعد الشحن الجوى) فى الحاويات التى يستخدم فيها نظام دفع الهواء البارد من القاع bottom air delivery refer-containers. ولهذا السبب يتعين عدم وضع وسادة بلاستيكية فى قاع البنتس. على أن يوضع – كبديل لها – شريحة بلاستيكية ذات فقاقيع هوائية، وعلى أن يكون قاع البنتس مضلعًا ليسمح بتجمع الماء المتكثف بعيدًا عن الثمار (Zagory ١٩٩٨)

يجب أن يكون السطح الداخلى للبنتس خاليًا من البروزات والحواف الحادة، كما يجب ألا تكون البنتس عميقة أكثر من اللازم لتخفيف ضغط الثمار العليا على الثمار السفلى فى البنت أثناء الشحن

ويجب أن تكون البنت على قدر كاف من المتانة بحيث تتحمل عمليات الشحن والتداول والعرض بالأسواق ولا تنهار على الثمار بداخلها.

ويتطلب المستوردون الأوروبيون وضع وسادة بلاستيكية ذات فقاعات هوائية فى قاع البنتس، لأجل حماية الثمار من الكدمات، ولكنها تسد كذلك فتحات التهوية التى توجد فى قاع البنتس.

ويعد البوليثيلين تيرى فثاليت polyethylene terephthalate (اختصارًا. PETE) أفضل لتصنيع البنتس عن الـ oriented polysterene (اختصارًا: OPS).

**ومن أهم صفات البنتس punnets الجيدة ما يلى:**

١ – أن تحتوى على فتحات كبيرة فى الغطاء تسمح برؤية الثمار جيدًا بداخلها

٢ – أن تكون شفافة

٣ – أن يسمح تصميمها برصها فوق بعضها البعض عند عرضها فى محلات السوبر ماركت

٤ – أن تكون متينة ولا تنهار من أى ضغط خفيف عليها أو عند رصها

٥ – أن يكون غطاؤها محكم الإغلاق فلا ينفتح بسهولة أثناء الشحن

٦ – أن تكون تضليعاتها (التى يكون الهدف منها تقوية البنتس وعمل مجار للرطوبة الحرة التى يمكن أن تتكثف بالقاع) غير حادة حتى لا تؤدى إلى تجريح الثمار.

٧ – أن تكون فتحاتها مناسبة تمامًا لعملية التبريد الأولى بطريقة الدفع الجبرى للهواء.

٨ – أن تسمح أبعادها بوضعها فى طبقة واحدة أو طبقتين بالكراتين مع إحكام رصها وعدم ترك فراغات بالكرتونة التى يراعى فيها أن تكون مناسبة تمامًا للباليتات دون زيادة أو نقصان.

٩ – أن يكون تصنيعها من مادة يمكن إعادة تدويرها recyclable material لأجل حماية البيئة، علمًا بأنها تصنع – عادة – من ال PET، والـ PP، والـ PS.

**ومن بين الشركات التى تقوم بتصنيع البنتس، ما يلى:**

| الشركة | الدولة |
|---|---|
| Tenneco Packaging | الولايات المتحدة وكندا |
| Sambrailo Packaging | الولايات المتحدة |
| Monte Packaging | الولايات المتحدة |
| Ultra Pac | الولايات المتحدة |
| Estman Link | الولايات المتحدة |
| Dolphin Packaging | المملكة المتحدة |
| Infia Company | إيطاليا |
| Autobar | إسبانيا |

## الكراتين

تستخدم – عادة – فى تعبئة محصول الفراولة كراتين تبلغ أبعادها ٤٠ × ٦٠ سم، تتسع لثمانى بنتس punnets عميقة يعبأ بكل منها ٢٥٠ جرم من الثمار، أى تعبأ الكرتونة بما مقداره ٢ كجم من الثمار.

وتصمم كراتين الفراولة التى تستخدم فى تصدير المحصول بحيث تناسب عملية التبريد الأوّلى. ويتطلب ذلك ضرورة أن تسمح الفتحات التى توجد بها – والتى تشكل ما لا يقل عن ٥٪ من مساحة الجوانب – بمرور الهواء فى اتجاه مساره الجبرى، ويتم ذلك بعمل فتحات فى الجوانب الطولية للكراتين تكون مواجهة للفتحات التى توجد بجوانب البنتس كما يجب توفر ثقوب بامتداد القاع فى الجوانب الطولية للكراتين لكى تسمح بمرور الهواء البارد من خلال الفتحات التى توجد بقاع البنتس

ويجب أن تكون الكراتين قوية بدرجة تمنع انهيارها تحت ظروف الضغط العالى عليها (كما يكون عليه الحال بالنسبة للكراتين التى تقع بالطبقات السفلى من البالتة) مع الرطوبة العالية جداً (٩٠٪–٩٥٪) التى يجب أن تتوفر أثناء التخزين والشحن ويفضل ألا تقل قدرتها على تحمل الضغوط عن ٢٥٠ رطل على البوصة المربعة، أى حوالى ٦ ١٧ كجم على السنتيمتر المربع، أو حوالى ١٧٢٤ كيلو باسكال kPa

ولذا يتعين أن تصنع الكراتين من ورق بكر virgin لم يسبق استعماله من قبل ثم أعيد تدويره، وأن يكون ورق الكرتون مموج corrugated، وذات طبقة رابطة داخلية internal bond قوية وقليلة التشرب بالماء. كما يجب أن يكون الغراء المستعمل فى لصق طبقات الكرتون مقاوم للرطوبة لمنع انفصالها عن بعضها البعض.

ونظرًا لأن جوانب الكرتونة تكثر بها الفتحات، لذا .. فإنها لا تُسهم كثيرًا فى دعم متانتها، ومن ثم يتعين دعم الأركان، خاصة وأنها تتحمل معظم الأثقال، حتى لا تنهار الكراتين السفلى تحت ضغط الكراتين التى توجد أعلاها فى الرصة.

ويجب تصنيع الجانبين القصيرين من الكراتين من طبقة مزدوجة من الكرتون لُتكسب الكرتونة متانة إضافية تمنع انهيارها. ويعد ذلك ضروريًا، لأن بعض الكراتين لابد وأن توجد فى قاع رصة بارتفاع ١٠–١٢ كرتونة ويؤدى عدم قدرة الكراتين السفلى على تحمل الضغط الواقع عليها إلى انهيارها، ومن ثم ميل باقى الرصة أو سقوطها، الأمر الذى يسبب أضرارًا كبيرة للثمار التى توجد بداخلها

كما يجب أن تكون الكراتين عميقة بالقدر الذى يكفى لوجود مسافة ١٠-١٥ مم من الفراغ أعلى البنتس حتى لا ترتكز الكراتين العليا على البنتس التى توجد أسفل منها؛ فالكرتونة هى التى يجب أن تحمل تلك الأثقال، خاصة وأنه كثيرًا ما تنبعج الكراتين الضعيفة أثناء الشحن والتداول؛ مما يؤدى إلى الضغط على البنتس فى الكراتين التى توجد أسفل منها.

ويتعين أن تكون الكراتين التى تستعمل فى تصدير الفراولة ذات بروزات من أعلى فى أجزاء من جدرانها يقابلها فتحات من أسفل؛ بما يسمح بتثبيت الكراتين فوق بعضها البعض عند رصها فى البالتات

## تجهيز البالتات Palletization

توضع كراتين الفراولة فى بالتات pallets على قاعدة خشبية تعرف باسم pallets، وذلك لتسهيل تحريك أعداد كبيرة من الكراتين — فى صورة بالتات — باستعمال الرافعات الشوكية forklifts. هذا .. إلا أنه قد يكتفى بتحزيم كل أربع كراتين فقط معًا.

ويعد ثبات البالتات أمرًا عامًا وحيويًا فى شحنات الفراولة؛ ولذا يتعين تثبيتها بطريقة مناسبة، مثل: التحزيم strapping، واللف فى غشاء مطاطى stretch film، واستعمال جريد الأركان corner strips

ومن الضرورى عدم زيادة حجم البالتة عما ينبغى، كما لا يجب أبدًا بروز الكراتين عن حواف البالتة، علمًا بأن أبعاد البالتة الأوربية القياسية هى ١٠٠ × ١٢٠ سم.

وتوضع على قمة البالتة شريحة من الخشب أو الكرتون المقوى — بها فتحات للتهوية — بهدف إحكام تحزيم الكراتين فى البالتة.

## معاملات بعد الحصاد لتحسين الجودة والقدرة التخزينية والمقاومة للأمراض

### التعريض للضوء

أدى تعريض ثمار الفراولة من صنفى أوفرا Ofra، وأوريت Oriet اللذان يعانيان من

سوء التلوين أدى تعريضهما لضوء فلورسنتي أبيض بقوة ١٧.٥، أو ١٤.٥ واط/م٢ — على التوالى — لمدة ساعتين يوميًا على حرارة ٢°م إلى التغلب على مشكلة ضعف التلوين فى أوفرا، ومشكلة الأكتاف الخضراء فى أوريت، مع إحداث تحسين فى لون الثمار داخليًا وخارجيًا هذا ولم تؤثر معاملة التعريض للضوء على جودة الثمار وصلابتها خلال التخزين الذى أجرى على ٢°م واستمر لمدة ٤٨ ساعة أو ١٢٠ ساعة (لمحاكاة الشحن الجوى والشحن البحرى، على التوالى)، ثم على حرارة ١٨°م لمدة ٧٢ ساعة (لمحاكاة فترة العرض بالأسواق). وقد أدت معاملة التعريض للضوء إلى خفض الإصابة بالأعفان فى كلا الصنفين (Sacks وآخرون ١٩٩٦).

## التعريض للأشعة فوق البنفسجية

وجد Baka وآخرون (١٩٩٩) أن تعريض ثمار الفراولة للأشعة فوق البنفسجية UV-C بجرعة مقدارها ٠,٢٥ كيلوجول kJ/م٢، ثم تخزينها على حرارة ٤°م أدى إلى إبطاء نضج الثمار وشيخوختها

كما وجد Nigro وآخرون (٢٠٠٠) أن معاملة ثمار الفراولة بجرعات منخفضة من الأشعة فوق البنفسجية تراوحت بين ٠,٥، و ١,٠ كيلوجول/م٢ قللت أعفان الثمار المخزنة على ٢٠°م ± ١°م جوهريًا. وقد أحدثت المعاملة زيادة فى نشاط الإنزيم phenylalanine ammonia-lyase بعد ١٢ ساعة من التعريض للأشعة؛ وهو ما يعنى تحفيز المعاملة لنشاط أيضى يقود إلى تمثيل مركبات فينولية، وهى التى تتميز غالبًا بنشاطها المضاد للفطريات. كذلك تزايد إنتاج الإثيلين فى الثمار بزيادة جرعة التعرض للأشعة فوق البنفسجية (حتى ٤,٠ كيلوجول/م٢)، وبلغ إنتاج الإثيلين ذروته بعد ٦ ساعات من المعاملة

كذلك أدى تعريض ثمار الفراولة للأشعة فوق البنفسجية UV-C لمدة دقيقة واحدة، أو خمس، أو عشر دقائق (٠,٤٣، و ٢,١٥، و ٤,٣٠ كيلوجول kJ/م٢، على التوالى) إلى تحفيز النشاط المضاد للأكسدة والنشاط الإنزيمى، وإلى خفض تحلل الثمار جوهريًا خلال

التخزين على ١٠°م مقارنة بالكنترول، وكانت معاملتا التعريض للأشعة لمدة خمس أو عشر دقائق هما الأفضل فى حفز النشاط المضاد للأكسدة. وقد حفزت تلك المعاملات – كذلك – نشاط كل من الإنزيمات التالية :

glutathione peroxidase

glutathione reductase

superoxide dismutase

ascorbate peroxidase

guaiacol peroxidase

monodehydroascorbate reductase

deydroascorbate reductase

كذلك أدت جميع معاملات الأشعة فوق البنفسجية إلى زيادة المحتوى الفينولى للثمار، كما ازداد محتواها من الأنثوسيانين أثناء التخزين (Erkan وآخرون ٢٠٠٨).

## تغطية الثمار بأغشية صالحة للأكل

لا يتم تغليف ثمار الفراولة – بصورة فردية – فى الوقت الحالى بسبب ما يتطلبه ذلك من زيادة فى عمليات التداول، مع ما يستتبعها من أضرار ميكانيكية، ولكن ربما نرى فى المستقبل نظامًا لحفظ الثمار من التلف بعد الحصاد يتضمن التبريد السريع بالماء البارد، ثم تغليف الثمار بأغلفة صالحة للأكل edible مزودة بالميكروبات المضادة للفطريات المسببة للأعفان (عن Perkins-Veazie & Collins ١٩٩٥).

### التغطية بالشيتوسان وحث المقاومة الطبيعية للأمراض

إن الشيتوسان chitosan مادة عديدة التسكر كاتيونية شبه منفذة semi-permeable ذات وزن جزيئى كبير؛ فهى β-(1,4)glucosamine polymer. وعلى خلاف الشيتين chitin، فإن الشيتوسان قابل للذوبان فى الأحماض العضوية المخففة. وعلى الرغم من أن الشيتوسان يعرف منذ أكثر من ١٠٠ عام، فإن إنتاجه التجارى لم يبدأ إلا فى

سبعينيات القرن العشرين. ونظريًا .. فإن الشيتوسان يعد مركبًا مثاليًا لحفظ الثمار بالتغليف وقد ثبتت فاعليته في تثبيط نمو عديد من الفطريات، وإنتاجه للإنزيم شيتينيز chitinase، وهو إنزيم دفاعي ضد الفطريات ونظرًا لأن الشيتوسان يكوّن غشاء شبه نفاذ؛ لذا .. فإنه يمكن أن يؤثر على تركيب الهواء الداخلي بالثمار، ويتوقع تقليله لفقد الرطوبة بالتبخر (عن Zhang & Quantick ١٩٩٨).

ويعتبر الشيتوسان مكونًا هامًا من مكونات الجدر الخلوية لبعض الفطريات المرضة للنباتات كما أنه ينتج كذلك من الشيتين الموجود بالقشريات بعملية deacetylation

وقد أدى تغليف ثمار الفراولة بالشيتوسان ١٪ أو ٢٪ (وزن/حجم) إلى مكافحة الأعفان والمحافظة على صفات الجودة عند تخزين الثمار على ١٣°م كما أحدث الغلاف زيادة معنوية في نشاط كل من الـ chitinase، والـ β-1,3-glucanase مقارنة بثمار الكنترول. وكانت فاعلية الشيتوسان في مكافحة الأعفان التي يسببها الفطرين *B. cinerea*، و *Rhizopus* sp. على حرارة ١٣°م مماثلة لكفاءة المبيد الفطري ثيوبندازول TBZ وكان للتغليف بالشيتوسان تأثيرات إيجابية على كل من صلابة الثمار، والحموضة المعايرة، ومحتوى الثمار من حامض الأسكوربيك والأنثوسيانين على ٤°م (Zhang & Quantick ١٩٩٨)

كذلك أدى الشيتوسان إلى زيادة نشاط إنزيم glucanohydrolase الذي كان مثبطًا للفطر *B. cinerea* (عن Reddy وآخرين ٢٠٠٠).

وفي دراسة أخرى استخدمت ثلاثة أنواع من الأغلفة – المأكولة – لثمار الفراولة تعتمد على الشيتوسان chitosan، هي: الشيتوسان منفردًا، والشيتوسان الذي يحتوى على ٥٪ Gluconal (منتج تجاري)، والشيتوسان المحتوى على ٠,٢٪ DL-α-tocopheryl acetate، مع تخزين الثمار على ٢°م في ٨٨٪ رطوبة نسبية لمدة ثلاثة أسابيع أدت الأغلفة إلى خفض إصابات الأعفان والفقد في الوزن جوهريًا، وآخرت التغيرات في اللون والـ pH والحموضة المعايرة. كذلك أحدثت أغلفة الشيتوسان

المحتوية على الكالسيوم أو فيتامين هـ (E) زيادة جوهرية فى محتوى هـذين العنصرين الغذائيين فى الثمار (Han وآخرون ٢٠٠٤).

كذلك أدى غمر ثمار الفراولة فى محاليل من الشيتوسان (شيتوسـان ذو وزن جزيئـى مرتفع بتركيز ٠,٢٥٪ أو ٠,٥٪، أو ذو وزن جزيئى منخفض مستخلص من سرطان البحر بتركيز ٠,٥٪ أو ١٪، أو الجمبرى بتركيز ٠,٥٪ أو ١٪) أو كلوريد الكالسيوم بتركيز ٢٪ أو ٤٪ ثم تجفيفها على حرارة الغرفة لمدة خمس دقائق، ثم تخزينهـا فـى صـوان مغلفـة بالـ PVC على ٢°م لمدة ١٦ يومًا .. أدت تلك المعاملات مقارنة بالغمر فى الماء المقطر إلى احتفاظ الثمار بصلابتها وبمحتواها من المواد الصلبة الذائبة والحموضة المعايرة وانخفـاض تحلل الثمار خلال فترة التخزين (Chaiprasart وآخرون ٢٠٠٦).

## أغطية أخرى مأكولة

يؤدى تغليـف ثمـار الفراولـة بأغـشية مأكولـة edible بـالتفريش bruising إلى تقليـل فقدها للرطوبة.

وقد تكوّن أحد الأغطية الموصى بها مـن ١١ مـل (سم٣) مـن PEG-400، و ٤٠ جـم أحماض دهنية/١٠٠ جـم مـن MC-2000، وكانـت الأحمـاض الدهنيـة هـى الاسـتيارك stearic، والبالمتـك Palmatic، والـدودى كـانوّك dodecanoic (Ayranci & Tunc ١٩٩٧)

كذلك أدى اسـتعمال أغـشية مـن النـشا الغنـى بـالأميلوز إلى خفـض الفقـد الرطـوبى واحتفاظ الثمار بصلابتها لفترة أطول عما لو اسـتعملت أغلفة من النشـا المتوسط فى محتواه من الأميلوز. كذلك أدت أغلفة السـوربيتول sorbitol، والجليـسرول glycerol إلى خفـض الفقد الرطوبى مع المحافظة على اللون. أما التغليـف بـسوربات البوتاسـيوم potassium sorbate فقد قلل العد الميكروبى وأدى إلى زيادة فترة تخزين الثمـار – علـى حـرارة ١°م ورطوبة نسبية ٨٤,٨٪ – إلى ٢٨ يومًا مقارنة بأسبوعين فقط فى ثمـار الكـنترول (Garcia وآخرون ١٩٩٨).

## المكافحة الحيوية لأعفان الثمار

أدت معاملة ثمار الفراولة بالبيرولنترين pyrrolnitrin – وهو مركب مستخلص من الفطر *Penicillium cepacia* – إلى منع إصابة الثمار بالعفن الرمادى لمدة خمسة أيام على ١°م.

كذلك ثبطت عزلات من الفطرين *Trichoderma*، و *Gliocladium roseum* نمو الفطر المسبب للعفن الرمادى وتجرثمه (عن Perkins-Veazie & Collins ١٩٩٥).

وفى إحدى الدراسات عوملت ثمار الفراولة بغطاء coating رقيق جدًا، يحتوى على *Cryptococcus laurentii* (بتركيز ١٠^٩ cfu/مل)، مع الألجينيت alginate (٢٪ وزن/حجم)، والجليسرول glycerol (٢٪ وزن/حجم)، وحامض البالمتك palmitic acid (٠,٥٪ وزن/حجم)، وأحادى إستياريت الجليسرول glycerol monostearate (٠.٥٪ وزن/حجم)، وبيتا سيكلو دكسترين β-cyclodextrin (٠.٥ ٪ وزن/حجم) وقد وجد أن حيوية *C. laurentii* لم تتأثر خلال ٢٠ يومًا من التخزين، مما أدى إلى المساعدة فى منع نمو الأعفان والمحافظة على جودة ثمار الفراولة طوال فترة التخزين ولم يؤثر غطاء الـ sodium alginate مع *C. laurentii* جوهريًا على اللون الخارجى أو على المحتوى الأنثوسيانينى أثناء التخزين هذا بالإضافة إلى أن الغطاء قلل جوهريًا من التحلل الميكروبى، وخفض الفقد فى الوزن، وحافظ على صلابة الثمار، وحسّنَ من خصائص جودة الثمار اثناء التخزين (Fan وآخرون ٢٠٠٩).

## المعاملة بأبخرة حامض الخليك

أدى تعريض ثمار الفراولة لبخار حامض الخليك بتركيز منخفض لفترة قصيرة مع تعبئتها فى عبوات ذات جو معدل إلى تقليل إصابتها بالأعفان وزيادة قدرتها التخزينية بأكثر من ضعف أو ثلاثة أضعاف ما يحدث فى الظروف العادية وكان التركيز المستعمل من حامض الخليك هو ٥,٤ ملليجرام لكل لتر. وكانت الثمار قد لقحت أولاً بالفطر *B. cinerea*، ثم عرضت لأبخرة الحامض ثم عبئت وخزنت فى هواء تنخفض فيه نسبة

الأكسجين. وبعد ١٤ يومًا من التخزين كانت الثمار التى عوملت بهـذه الطريقـة خاليـة تمامًا من الإصابة بالأعفان مقارنة بنسبة إصابة ٨٩٪ فى ثمار الكنترول (Moyls وآخرون ١٩٩٦).

وفى دراسة أخرى وجد أن معاملة ثمار الفراولة بأبخرة الخل الأبيض (الذى يحتـوى على ٥٪ حامض الخليـك) أدت إلى خفـض الإصـابة بـالعفن الرمـادى إلى ١,٤٪ مقارنـة بنسبة ٥٠٪ عفن فى ثمار الكنترول (Sholberg وآخرون ٢٠٠٠).

## التبخير بأكسيد النيتريك

قام Wills وآخرون (٢٠٠٠) بتبخير ثمار الفراولة من صنف باخرو بأكسـيد النيتريـك NO (وهو غاز free radical) لمدة سـاعتين علـى ٢٠ْم بتركيـزات تراوحـت بـين ١,٠، و ٤٠٠٠ ميكروليتر/لتر، ثم خزنت الثمار على حـرارة ٢٠ أو ٥ْم فـى هـواء يحتـوى علـى ٠,١ ميكروليتر من الإثيلين/لتر، وهو تركيـز يتواجـد بـصورة عاديـة فـى أسـواق الخـضر والفاكهة أدت المعاملة إلى زيادة فـترة احتفـاظ ثمـار الفراولـة بقـدرتها علـى التخـزين، وحصل على أفضل تأثير بالمعاملة بتركيز ٥–١٠ ميكروليتر أكسيد النيتريـك/لـتر حيـث أدت إلى زيادة فترة الصلاحية للتخزين بمقدار ٥٠٪ فى كل من ٥، و ٢٠ْم.

## المعاملة بمتعددات الأمين

أدى غمر ثمار الفراولة فى متعدد الأمين البوترسين putrescine بتركيـز ٢ مللـى مـول لمدة خمس دقائق إلى تحسين صفات جودتها أثناء التخزين مقارنة بالنقع فى التركيـزات الأقل من البوترسين، أو فى الماء، أو عدم النقع (Khosroshahi وآخرون ٢٠٠٧).

## المعاملة بالمركبات العطرية الطبيعية التى تنتجها الثمار

يفيد تبخير ثمار الفراولة ببعض الغـازات والمركبـات العطريـة القابلـة للتطـاير والتـى تنتجها ثمار الفراولة بصورة طبيعية . يفيد استعمالها فى تثبـيط نمـو الكائنـات المـسببة للأعفان، ولكن يتعين تحديد التركيز الذى يحقق الهدف دون التأثير على طعم الثمـار أو

نكهتها، ودون ترك أى متبقيات غير مرغوب فيها على المنتج الطازج فمثلاً . وجد أن المعاملة بغاز الأسيتالدهيد acetaldehyde بتركيز ١٥٠٠ جزء فى المليون لمدة ٤ ساعات أدى إلى خفض الإصابة بالعفن الرمادى بنسبته ٢٠٪ مع تحسين طعم الثمار ونكهتها كذلك هذا إلا أن الأسيتالدهيد يمكن أن يقلل من حموضة الثمار ومحتواها من المواد الصلبة الذائبة، وإلى زيادة محتواها من الكحول الإثيلى، والإثيل أسيتيت ethyl acetate، والإثيل بيوتريت ethyl butyrate. كذلك يمكن للمركبين الطبيعيين اللذان تنتجهما ثمار الفراولة، وهما benzylaldehyde، و 2-nonanone يمكنهما تثبيط نمو الفطر *B. cinerea* دون إحداث تأثير سلبى على طعم الثمار أو نكهتها (عن Perkins-Veazie & Collins ١٩٩٥).

كذلك أثبت المركب (E)-2-hexenal فاعلية فى مكافحة أعفان الثمار، وظهر – فى البيئات الصناعية – أن عملية إنبات جراثيم الفطر *B. cinerea* كانت أكثر حساسية للمركب عن عملية نمو الغزل الفطرى. وقد أدت التركيزات المنخفضة من المركب إلى تحفيز النمو الفطرى، وهو الأمر الذى حدث – كذلك – عند معاملة الثمار ذاتها؛ مما يعنى ضرورة زيادة تركيز المركب لكى يكون فعّالاً فى تثبيط أعفان الثمار بعد الحصاد (Fallik وآخرون ١٩٩٨)

كذلك أدت معاملة الفراولة بهذا المركب العطرى المتطاير (E-2-hexenal) إلى إحداث نقص جوهرى فى الإصابة بالعفن الرمادى عند إجراء المعاملة أثناء تخزين الثمار لمدة ٧ أيام على ٢°م، ثم نقلها – بعد توقف المعاملة – إلى ٢٢°م لمدة ٣ أيام، وذلك مقارنة بثمار معاملة الكنترول وبالمقارنة فإن المعاملة بأى من المركبات العطرية (E)-2-hexenal acetal diethyl، أو benzaldehyde، أو methyl benzoate لم تكن مؤثرة (Ntirampemba وآخرون ١٩٩٨)

وعندما عرضت ثمار فراولة مصابة طبيعيًا بالفطر *B cinerea* لأبخرة عديد من المركبات المتطايرة التى تتواجد طبيعيًا فى الثمار، وجد أن الكثير من تلك المركبات، مثل. benzaldehyde، و methyl benzoate، و methyl salicylate، و 2-nonanone. و -2

hexenal diethyl acetal، و hexanol، و E-2-hexen-1-ol تثبط نمو الفطر عند تركيزات منخفضة تقدر بالجزء في المليون كذلك كان لبعض المركبات تأثيرات سلبية على جودة الثمار. وبينما كانت بعض المركبات فعّالة بعد فترة قصيرة من المعاملة بها، لزم استمرار المعاملة على الدوام بمركبات أخرى لكي تكون فعّالة (Archbold وآخرون ١٩٩٧).

## المعاملة بالمثيل جاسمونيت

تفيد معاملة ثمار الفراولة بالمثيل جاسمونيت methyl jasmonate في مكافحة الأعفان. وهذا المركب رخيص نسبيًا ولا يلزم للمعاملة به سوى كميات بسيطة، فلا يحتاج الأمر لأكثر من ٢٥ مل (سم٣) منه لمعاملة حمولة شاحنة كاملة، وهو لا يترك أي أثر متبق.

تجرى المعاملة في حرارة ٢٠°م باستعمال أبخرة المركب، ولهذا السبب فإنها ربما لا تكون مجدية مع محصول التصدير الذي يتعين تبريده أوليًا في خلال ساعة واحدة من حصاده، بينما تتطلب المعاملة بالمركب ساعتين على الأقل.

وقد درس Perez وآخرون (١٩٩٧) تأثير المثيل جاسمونيت على نضج ثمار الفراولة القطوفة وذلك بحصادها وهي خضراء غير مكتملة النمو، وزراعتها في بيئة تحتوي على ٨٨ مللي مولار سكروز في إضاءة مقدارها ٣٠٠ ميكرومول لكل م٢ في الثانية، لمدة ١٦ ساعة يوميًا، مع حرارة مقدارها ٢٥°م نهارًا، و ١٥°م ليلاً، ورطوبة نسبية ٨٥٪ مع إضافة المثيل جاسمونيت إلى البيئة بتركيز ٥٠ ميكرومولار. وقد وجدوا أن إضافة المثيل جاسمونيت أحدثت زيادة معنوية في كل من معدل التنفس وإنتاج الإثيلين بكل من الثمار البيضاء والوردية. كما ازداد نمو الثمار المعاملة بالمثيل جاسمونيت بمقدار ٥٥٪، مقارنة بزيادة مقدارها ٣٣٪ فقط في ثمار الكنترول. وأدت المعاملة كذلك إلى إحداث تأثيرات معنوية في تلوين الثمار، حيث حفزت تمثيل الأنثوسيانين في خلال يومين من المعاملة، مع زيادتها لمعدل تحلل كلوروفيل أ، وكلوروفيل ب، وبدرجة أقل البيتاكاروتين والزانثوفيل xanthophll

ويستدل من دراسات Mukkun & Singh (٢٠٠٩) على الفراولة أن الميثيل جاسمونيت methyl jasmonate الطبيعي ينظم نضج الثمار، حيث وجد أنه يصل إلى أعلى تركيز له في الثمار البيضاء، ثم ينخفض تركيزه تدريجيًّا مع تقدم النضج. كما أن معاملة الثمار بالميثيل جاسمونيت يزيد من إنتاج الإثيلين، وينشط كلا من الـ ACC oxidase والـ ACC synthase، تبعًا للتركيز المعامل به من الميثيل جاسمونيت، ومرحلة تطور الثمار وقت معاملتها

## المعاملة بالـ 1-MCP

قام Ku وآخرون (١٩٩٩) بتبخير ثمار ٤ أصناف من الفراولة بالمركب 1-methylcyclopropene (اختصارًا. 1-MCP) لمدة ساعتين على ٢٠°م بتركيزات تراوحت بين ٥، و ٥٠٠ نانوليتر/لتر، ثم تخزين الثمار على ٢٠ أو ٥°م في هواء يحتوي على ٠.١ ميكروليتر من الإثيلين/لتر وقد أدى تبخير الثمار بتركيز ٥–١٥ نانوليتر من المركب/لتر إلى زيادة فترة صلاحيتها للتخزين بنسبة حوالي ٣٥٪ في حرارة ٢٠°م، و ١٥٠٪ في حرارة ٥°م، ولكن زيادة تركيز الغاز عن ذلك أضعفت قدرة الثمار على التخزين بنسبة وصلت إلى ٣٠٪–٦٠٪ عند تركيز ٥٠٠ نانوليتر/لتر

وأدت معاملة ثمار الفراولة بالمركب 1-MCP بتركيز ٥٠٠–١٠٠٠ نانوليتر/لتر لمدة ساعتين على ٢٠°م، ثم تركها في عبوات مغلقة ومهواه لمدة ٣ أيام في الظلام على ٢٠°م و ٩٥٪–١٠٠٪ رطوبة نسبية إلى تحفيز الإصابات المرضية، وإلى خفض إنتاج الثمار للإثيلين، وتثبيط نشاط الـ phenylalanine ammonia-lyase، وخفض الزيادة في محتوى الأنثوسيانين والفينولات، وقد يكون لانخفاض محتواها من الفينولات علاقة بزيادة قابليتها للإصابة بالأعفان (Jiang وآخرون ٢٠٠١).

وبينما تأثر كأس ثمرة الفراولة سلبيًّا بالتعرض للإثيلين بتركيز ٠.١ إلى ١٠ حجم في المليون، فإن المعاملة بالـ 1-MCP بتركيز حجم واحد في البليون أدت إلى حماية كأس الثمرة من تلك التأثيرات ولم تؤثر تلك المعاملة على جودة الثمار، ولكنها زادت قليلاً

من معدل إصابتها بالأعفان، مع تأثير قليل على الصلاحية للتخزين (Bower وآخرون ٢٠٠٣).

## المعاملة بالحرارة

يذكر أنه أمكن مكافحة العفن الرمادى فى ثمار خمسة أصناف من الفراولة بعد الحصاد بمعاملة الثمار بالهواء الرطب على حرارة ٤٤°م لمدة ٤٠ دقيقة (عن Garcia وآخرين ١٩٩٦). كما وجد أن معاملة الثمار بالغمر فى الماء الساخن على حرارة ٤٤–٤٦°م لمدة ١٥ دقيقة أدت إلى منع الانتشار السريع للإصابة بالعفن الرمادى وحافظت فى الوقت ذاته على صلابة الثمار وجودتها، فلم تتكون رائحة غير مقبولة أو طعم غير مرغوب فيه (Garcia وآخرون ١٩٩٦).

وأدت معاملة ثمار الفراولة التامة التلون بالأحمر من صنف سلفا بالحرارة على ٣٩–٥٠°م لمدة ١–٥ ساعات، ثم وضعها فى حرارة الصفر خلال الليل، ثم حفظها على ٢٠°م لمدة ٣ أيام .. أدى ذلك إلى تحسين القدرة التخزينية للثمار ومنع الإصابة بالأعفان، وكانت أفضل المعاملات هى التعريض لحرارة ٤٢ أو ٤٨°م لمدة ٣ ساعات. وقد أدى التعريض لحرارة ٤٨°م إلى تقليل معدل فقد الصلابة مقارنة بما حدث فى معاملة الشاهد، بينما لم تؤثر معاملة التعريض لحرارة ٤٢°م جوهريًا على تلك الخاصية. وقد أدت كلتا المعاملتين إلى خفض تراكم الأنثوسيانين وخفض نشاط الإنزيم phenylalanine ammonia-lyase مقارنة بما حدث فى ثمار الكنترول. وأدت معاملة الحرارة على ٤٢ أو ٤٨°م إلى تراكم خمسة من بروتينات الصدمة الحرارية heat shock proteins، بالإضافة إلى بروتين سادس ظهر فقط عند المعاملة بحرارة ٤٢°م (Civello وآخرون ١٩٩٧).

كذلك أدى تعريض ثمار الفراولة للهواء الدافئ على ٤٥°م لمدة ثلاث ساعات قبل تخزينها على الصفر المئوى لمدة ٧ أو ١٤ يومًا إلى احتفاظها بصلابتها بعد ٧ أيام من التخزين بدرجة أفضل من ثمار الكنترول، ولكن اختفى ذلك الفرق بينهما بعد ٧ أيام

أخرى. كذلك قللت المعاملة من إصابة الثمار بالأعفان وخفضت من الحمل الميكروبي الذي يوجد بها (Vicente وآخرون ٢٠٠٢).

## المعاملة بأشعة جاما

تستخدم معاملة التعريض لأشعة جاما بجرعة تصل إلى واحد kGy — في الولايات المتحدة — لأجل إبطاء النضج وتقليل الأعفان في الخضروات والفواكه الطازجة وفي الفراولة أدى تعريض الثمار لجرعة مقدارها ٠,٣–١,٠ kGy إلى نقص محتواها من الأنثوسيانين، دونما تأثير على حموضتها. ووجد أن معاملة قدرها واحد kGy قضت على الفطر *Rhizopus* بثمار الفراولة، ولكن لزم التعريض لجرعة مقدارها ٢ kGy للتأثير على الفطر بوتريتس *Botrytis*.

وقد كان الجمع بين التعبئة في الهواء المعدل مع التعريض للإشعاع أكثر كفاءة في تقليل الأعفان عن أي من المعاملتين منفردتين (عن Perkins-Veazie & Collins ١٩٩٥).

وأدت معاملة ثمار الفراولة من صنف تراي ستار Tristar بالإشعاع ( electron-beam irradiation) بجرعات متزايدة من صفر إلى ٢ kGy عند ١٠ MeV إلى إحداث نقص مواز في كل من شدة إحمرار الثمار وصلابتها، ولكنه أدى في الوقت ذاته إلى تثبيط النمو الفطري (*B. cinerea* بصورة أساسية) بالثمار المخزنة، وأدت جرعتا الإشعاع ١، و ٢ kGy إلى زيادة القدرة التخزينية بمقدار يومين وأربعة أيام، على التوالي.

هذا . وتباع في محلات السوبر ماركت بالولايات المتحدة ثمار الفراولة المعاملة بالإشعاع منذ عام ١٩٩٣ دونما اعتراض من المستهلكين (Gladon وآخرون ١٩٩٧).

### سلسلة التبريد وأهميتها

يعني بسلسلة التبريد cold chain بقاء المنتج (ثمار الفراولة المعبأة) في حرارة منخفضة تتراوح بين صفر، و ١°م من وقت التبريد الأولي إلى حين وصوله إلى المستهلك، مرورًا بمراحل التخزين المؤقت، والنقل، والشحن، والتسويق، وما يتطلبه ذلك من

تحميل المحصول في مكان مبرد، وتبريد الشاحنة قبل تحميل المحصول فيها، والمحافظة على حرارة الشاحنة منخفضة أثناء النقل إلى الميناء الجوى، وفي الميناء الجوى ذاته، واستخدام مكان مبرد لتفريغ الشاحنات، وأثناء الشحن الجوى، وأثناء النقل البرى بعد ذلك لحين الوصول إلى أماكن التخزين المؤقت، ثم أثناء النقل إلى الأسواق. كما يجب أن يعرض المحصول للبيع في حرارة منخفضة كذلك، ولكنها تكون – عادة – في حدود ١٠°م.

وقد أوضحت عديد من الدراسات أن شدة تدهور ثمار الفراولة تتناسب طرديًا مع فترة تعرض الثمار للحرارة المرتفعة، مع تأثير قليل فقط للتغيرات الحرارية – بالارتفاع والانخفاض – خلال فترة التعرض للحرارة العالية؛ بمعنى أن ثمار الفراولة يجب إعادة تبريدها سريعًا في كل مرة تكتسب فيها حرارة جديدة. وعلى الرغم من أن بخار الماء يتكثف على الثمار في كل مرة ترتفع فيها حرارة الثمار إلا أن الإصابة بالأعفان التي قد تنجم عن ذلك – على الرغم من خطورتها – أقل من الأضرار التي يمكن أن تحدث عند عدم إعادة تبريد الثمار. وعلى الرغم من أنه يفضل – دائمًا – المحافظة على سلسلة التبريد، إلا أن أي تبريد – ولأي فترة – يعد مفيدًا، ويتبين ذلك من جدول (٧–٣).

جدول (٧–٣): تأثير التغيرات الحرارية التي تتعرض لها ثمار الفراولة خلال ٤٨ ساعة من الحصاد على جودتها (عن Mitchell وآخرين ١٩٩٦).

| المعاملة | حالة الثمار (%) | | |
|---|---|---|---|
| | جيدة | طرية | متعفنة |
| ٤٨ ساعة على ٥°م | ٩٥ | ٤ | ١ |
| ٢٤ ساعة على ٥°م، ثم ٢٤ ساعة على ٢٠°م | ٧٦ | ١٠ | ١٤ |
| ١٢ ساعة على ٥°م، ثم ١٢ ساعة على ٢٠°م ثم ١٢ ساعة على ٥°م، ثم ١٢ ساعة على ٢٠°م | ٧٠ | ٧ | ٢٣ |
| ٤٨ ساعة على ٢٠°م | ٤٤ | ١ | ٥٥ |

ومع الحرارة المنخفضة التى يتعين المحافظة عليها أثناء سلسلة التبريد، فإن الرطوبة النسبية تجب المحافظة عليها – كذلك – بين ٩٠٪، و ٩٥٪، ويفضل أن تكون بين ٩٥٪، و ٩٨٪، وخاصة أثناء التخزين المؤقت للمنتج قبل النقل، وقبل التسويق

وإذا ما أجرى الحصاد بطريقة مناسبة، وتمت عمليات التداول والتعبئة حسب الأصول الموصى بها، وتم الانتهاء من تبريد المحصول أوليًا إلى درجة صفر–١°م فى خلال ساعتين من الحصاد كحد أقصى، وحوفظ على سلسلة التبريد بصورة تامة فإن ثمار الفراولة يمكنها الاحتفاظ بكامل جودتها ورونقها لمدة ٧ أيام بخلاف يومين آخرين للعرض بالأسواق.

ويمكن بإبقاء المنتج فى جو هوائى معدل ترفع فيه نسب ثانى أكسيد الكربون إلى ١٠٪–٣٠٪ – مع المحافظة على سلسلة التبريد . يمكن بذلك احتفاظ ثمار الفراولة بكامل جودتها ورونقها لمدة ١٠–١٤ يومًا بخلاف يومين آخرين للعرض بالأسواق

وتنخفض فترة احتفاظ الفراولة بجودتها بالانحراف عن شروط الحصاد والتداول الموصى بها، وتزداد سرعة تدهور الثمار بزيادة الانحراف عن الظروف المثلى

وعمومًا فإن فترة احتفاظ الفراولة بجودتها أثناء الشحن والتخزين تتراوح – تحت الظروف الجيدة – ما بين أسبوع واحد وأسبوعين، ويتوقف ذلك على درجة نضج الثمار عند الحصاد، وطريقة التداول. ويجب دائمًا ضبط درجة حرارة مبردات الفراولة ومخازنها على الصفر المئوى قدر المستطاع مع توخى أن تكون التقلبات الحرارية فى أضيق الحدود.

وتتوقف درجة تجمد ثمار الفراولة على تركيز المواد الصلبة الذائبة بالثمار، حيث تزداد درجة التجمد انخفاضًا كلما ازداد تركيز المواد الذائبة. وتعد –٠,٨°م هى أعلى حرارة يمكن أن تتجمد عندها ثمار الفراولة (Mitchell وآخرون ١٩٩٦).

ونستعرض – فيما يلى – الطرق والوسائل المثلى للمحافظة على سلسلة التبريد، وعلى جودة الثمار لأطول فترة ممكنة.

## التبريد الأولى

يعد التبريد الأولى pre-cooling أفضل وسيلة لحفظ جودة الثمار، لأنه يؤدى إلى إبطاء التنفس، والتحلل الإنزيمي، والنمو الفطرى. وتجب إزالة حرارة الحقل بعد الحصاد مباشرة، وقبل تخزين الثمار، أو شحنها، أو تصنيعها.

يجب أن يبدأ التبريد الأولى فى خلال ساعة واحدة من الحصاد، ويؤدى التأخير عن ذلك، أو إجراء التبريد الأولى بطريقة غير مناسبة إلى حدوث فقد كبير فى كل من صلابة الثمار، وحلاوتها، وبريقها، مع زيادة فى إصابتها بالأعفان.

كذلك يعد خفض حرارة الثمار سريعًا بعد الحصاد مع استمرار التخزين البارد بعد ذلك عاملاً أساسيًا فى المحافظة على مستوى الثمار المرتفع من حامض الأسكوربيك (فيتامين جـ)، وبغير ذلك يمكن أن يتدهور محتوى الثمار من الفيتامين إلى أقل من نصف محتواه الأصلى فى أقل من أسبوع (Nunes وآخرون ١٩٩٦).

وكقاعدة عامة .. تفقد ثمار الفراولة يومًا كاملاً من قدرتها التخزينية مقابل كل ساعة تأخير فى عملية التبريد الأولى بعد مرور ساعتين من الحصاد. ويتطلب الحصول على أكبر قدرة تخزينية إجراء التبريد الأولى بحيث تنخفض درجة الحرارة فى مركز الثمرة إلى صفر إلى ١°م فى خلال ساعتين من الحصاد كحد أقصى.

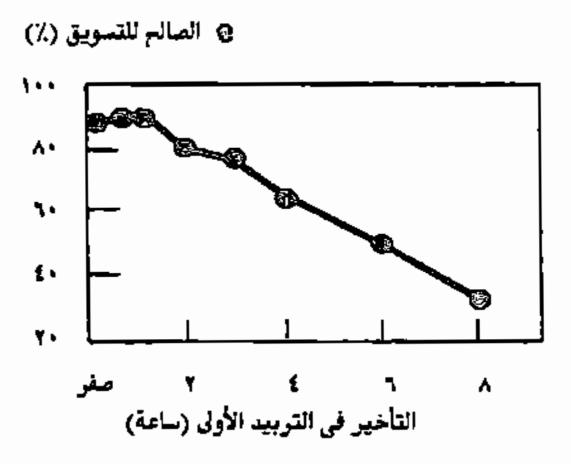
كذلك تتأثر الصلاحية للتسويق سلبًا بالتأخير فى عملية التبريد الأولى (شكل ٧-١).

وقد أدى التبريد الأولى السريع للفراولة (فى خلال ساعة واحدة من الحصاد) إلى الصفر المئوى – مقارنة بالتبريد الأولى المتأخر (بعد ٦ ساعات من الحصاد) إلى انخفاض الإصابة بكل من الفطرين *Botrytis cinerea*، و *Rhizopus stolonifer* إلى ٦٠٪ فقط فى التبريد الأولى المبكر، مقارنة بـ ٨٥٪ إصابة فى التبريد المتأخر (Nunes وآخرون ٢٠٠٥).

وتجدر الإشارة إلى أن فطر البوتريتس *Botrytis cinerea* يستمر فى النمو حتى على درجة الصفر المئوى، وإن كان ذلك يحدث ببطء شديد على تلك الدرجة، هذا بينما لا

ينمو الفطر *Rhizopus stolonifer* (الذى تتواجد جراثيمه فى الهواء) على حرارة تقل عن ٥°م (Mitcham وآخرون ٢٠٠٧)

هذا .. علمًا بأن تخزين الفراولة يكون على درجة صفر إلى ٠,٥°م، مع ٩٠٪–٩٥٪ رطوبة نسبية




شكل (٧–١): العلاقة بين مدى التأخير فى التبريد الأولى للفراولة وصلاحية الثمار للتسويق (Mitcham وآخرون ٢٠٠٧).

## تبريد الغرفة

لا يجوز تبريد الفراولة أوليًا بتركها فى الغرف المبردة، فيما يعرف باسم تبريد الغرفة room cooling، ذلك لأن تبريدها بهذه الطريقة بشكل كامل – أى لحين وصول حرارة مركز الثمرة إلى صفر أو ١°م – يتطلب حوالى تسع ساعات، تكون الثمار قد فقدت بالفعل خلالها كثيرًا من قدرتها التخزينية.

## التبريد الأولى بطريقة الدفع الجبرى للهواء

يعد التبريد بنظام الدفع الجبرى للهواء farced-air cooling أسرع بمقدار ٥–١٠ مرات عن طريقة التبريد بوضع المحصول فى الحجرات الباردة room cooling.

ويسمح التبريد الأولى بطريقة الدفع الجبرى للهواء بالتخلص من حرارة الحقل من الثمار بسرعة وكفاءة عاليتين دون تعريض الثمار للابتلال، وهو أمر لا تتحمله ثمار الفراولة ويجب أن تسمح قوة تبريد الأجهزة المستخدمة بتحقيق $\frac{7}{8}$ تبريد خلال مدة ساعة ونصف الساعة إلى ساعتين ونصف كحدٍ أقصى.

ويجب أن يسمح تصميم وحدة التبريد الأولى بمرور الكراتين في اتجاه واحد من مكان التعبئة إلى وحدة التبريد الأولى، ثم إلى التخزين المؤقت، ثم إلى الحاويات.

يجرى التبريد الأولى بطريقة الدفع الجبرى للهواء بوضع صف من البالتات (أو صفين من الكراتين المرصوصة فوق بعضها البعض) على كل جانب من جانبى مروحة ساحبة للهواء، ويفصل بين صفى البالتات مسافة تعادل – عادة – قطر المروحة. تستخدم شريحة بلاستيكية ثقيلة فى تغطية الصف العلوى للكراتين جزئيًّا بالقرب من حافة النفق (وهو الجزء الذى يفصل بين صفى البالتات)، وكذلك تغطية النفق من أعلى ومن الجانب الأمامى (المقابل للمروحة)، وجانب الكراتين الأمامى. وبذا .. فإن هذا الغطاء لا يسمح بأى حركة للهواء إلا من خلال الجانبين الخارجيين لصفى البالتات؛ فعند تشغيل المروحة الساحبة للهواء، يتولد تفريغ داخل النفق المغطى بشريحة البلاستيك بين صفى الكراتين؛ مما يؤدى إلى سحب الهواء البارد (هواء المخزن المبرد) من خلال فتحات التهوية بالكراتين، ثم من خلال فتحات التهوية بالبنتس – والتى تكون مقابلة لفتحات التهوية بالكراتين – مرورًا بالثمار – ثم ليخرج من الكراتين – بعد حمله لحرارة الثمار – إلى داخل النفق، ليسحب بواسطة مروحة الشفط، التى توجه الهواء المسحوب – الدافئ نسبيًا – على ملفات وحدة التبريد، ليعود – بعد تبريده – إلى داخل الغرفة المبردة. ويتعين إيقاف المروحة بمجرد انتهاء عملية التبريد الأولى لأجل توفير الطاقة، ولمنع فقد الثمار لرطوبتها، وهو ما يمكن أن يحدث نتيجة لاستمرار تعرضها لتيار الهواء السريع الذى يمر حولها.

ونظرًا لأن الهواء المسحوب يُجبر على المرور فى مسار يتخلل الثمار؛ لذا .. يتعين رصّ البنتس فى الكراتين، ورصّ الكراتين فى الصفوف قائمة تمامًا دون ترك أية فراغات

بينها، لأن الهواء يسلك دائمًا فى مساره أقل الطرق مقاومة، وهو أمر يؤدى – إن حدث – إلى تقليل كفاءة التبريد

يجب كذلك سد جميع الفتحات التى توجد تحت البالتات إذا ما كانت الكراتين مرصوصة فى بالتات، لأن عدم سدها يمكن أن يؤدى إلى زيادة الوقت – الذى يلزم لإجراء التبريد – بنسبة حوالى ٤٠٪ ويمكن سد هذه الفتحات بسهولة بوضع حشو فيها بسمك ١٥ سم، أو بلصق شريط بلاستيكى حول قاعدة البالتة من الخارج

يتعين كذلك التحكم فى الرطوبة النسبية، ذلك لأن الهواء المتحرك يعمل على تبخير الرطوبة من الثمار، مما يؤدى إلى ذبولها، وانكماشها، وفقدها لجودتها ويؤدى رفع رطوبة الهواء إلى ٩٥٪–٩٨٪ إلى تقليل قدرته على تبخير الماء من الثمار وتلك هى الرطوبة النسبية المطلوبة كذلك أثناء تخزين المحصول قبل شحنه.

وإذا ما تم صرف الماء المتكثف على ملفات التبريد خارج حجرة التبريد أو خارج المخزن المبرد، فإن ذلك قد يؤدى إلى خفض الرطوبة النسبية فى هواء المخزن بدرجة كبيرة. ويمكن الحد من عملية التكثف تلك – إلى درجة كبيرة – بالمحافظة على فرق فى درجة الحرارة – بين الهواء المسحوب الذى يمر على ملفات التبريد والهواء الخارج منها – لا يزيد عن ٢,٥ °م. ويتحقق ذلك بزيادة أعداد الملفات أو أحجامها

ويجب دائمًا استعمال نظام ملفات التبريد الجافة dry coil system لأنه النظام الوحيد الذى يسمح بخفض درجة الحرارة إلى الصفر المئوى مع المحافظة على رطوبة عالية للهواء، وتجدر الإشارة إلى أن نظام الملفات المبتلة wet coil system لا يسمح أبدًا بالتبريد إلى الصفر المئوى. هذا .. ولا يمكن رفع رطوبة الهواء فوق ٨٠٪–٨٥٪ بأى وسيلة غير إجراء التبريد بنظام ملفات التبريد الجافة مع استخدام أجهزة لرفع الرطوبة النسبية

هذا ويمكن رفع رطوبة الهواء حتى ٩٥٪ باستعمال أجهزة للتضبيب الدقيق aerosol misting تثبت بالجدران قريبًا من سقف المخزن، وتتصل بجهاز لقياس الرطوبة

humidistat. ولا يفيد كثيرًا وضع أوانٍ أو جرادل مملوءة بالماء فى المخزن بهدف زيادة الرطوبة. كذلك فإن رش الأرضيات بالماء يعد طريقة غير عملية ولا تتفق مع مقتضيات الصحة العامة.

ويجب عدم إيقاف التبريد الأولى إلا بعد قياس درجة الحرارة فى مركز الثمرة باستعمال تومومتر خاص ذات مجس معدنى طويل. ويجب أن يكون القياس فى جوانب الكراتين المواجهة للنفق الذى يفصل بين صفى الكراتين؛ ذلك لأن تلك الجوانب تكون هى الأبطأ فى فقد الحرارة.

ولكى تتم عملية التبريد الأولى وتصل الحرارة فى وسط الثمار إلى صفر أو ١°م فى خلال ساعتين من الحصاد – كحد أقصى – يتعين استخدام مراوح شفط ذات قدرة محددة، ووحدات تبريد ذات كفاءة مناسبة.

وتجدر الإشارة إلى أن سرعة الهواء الدائر فى عملية التبريد الأولى يجب ألا تزيد عن ٤٢م$^{3}$ فى الدقيقة؛ وإلا أدى إلى عدم تجانس الضغط وحركة الهواء وسرعة التبريد بين أول النفق وآخره (Picha ١٩٩٧).

يجب حساب كمية الطاقة المتولدة (فى صورة وحدات حرارية بريطانية British Thermal Units، أو BTU) من كل من المصادر التالية، ليمكن حساب قدرة التبريد المطلوبة:

١ – حرارة الحقل .. وهى الحرارة الداخلية للثمار عند بداية التبريد.

٢ – حرارة التنفس .. وهى الحرارة التى تنشأ عن تنفس ثمار الفراولة والتى تتراوح – باختلاف درجة الحرارة – بين ٣٣٣ وحدة حرارية بريطانية عند الصفر المئوى، و ٤٦٤٠٠ وحدة حرارية بريطانية عند ٢٧°م، وذلك لكل طن من الثمار يوميًا.

٣ – حرارة العبوات والبالتات.

٤ – الحرارة المتسربة.

٥ – الحرارة الناشئة عن الإضاءة، والمراوح، والعمل، والرافعات الشوكية ... إلخ.

ويقدر عدد الوحدات الحرارية البريطانية التى تلزم لخفض حرارة طن واحد من ثمار الفراولة من ٢٧°م إلى صفر°م بحوالى ٩٨١٣٠ (أو حوالى ١٠٣٥٣٠ كيلو جول kJ) فى الساعة؛ فإذا ما كان المطلوب خفض حرارة الثمار إلى هذا المستوى فى خلال ساعة واحدة فإن كفاءة التبريد يجب أن تكون ٨٫٢ طن تبريد (طن التبريد يمتص ١٢٠٠٠ وحدة حرارية بريطانية من الحرارة فى الساعة (أو حوالى ١٢٦٦٠ كيلو جول/ساعة). وإذا ما أضفنا إلى ذلك حوالى ٢٥٪ من احتياجات التبريد لمعادلة مصادر الطاقة الأخرى، فإن كفاءة التبريد اللازمة تصبح حوالى ١٠٫٦ طن تبريد لإزالة حرارة الحقل من كل طن من الثمار فى ساعة ومن الطبيعى أن احتياجات التبريد تزداد بزيادة كمية المحصول التى يتعين تبريدها فى وقت واحد، أو إذا كانت غرفة التبريد مستخدمة كذلك فى التخزين المؤقت للمحصول. ويجب أن يخطط لكفاءة التبريد اللازمة بحيث تكفى احتياجات التبريد فى ذروة موسم الحصاد

يتم اختيار المراوح على أساس كلا من قدرتها على سحب الهواء وعلى الضغط الاستاتيكى static pressure (عدد سنتيمترات الماء) المتوقع ويكون الضغط الاستاتيكى فى هذه الحالة هو المقاومة التى تلقاها حركة الهواء بواسطة الكراتين والبنتس ويجب استعمال مروحة قادرة على سحب ما لا يقل عن ٣٫٤م$^{3}$ من الهواء لكل كيلو جرام من الثمار فى الساعة مقابل ضغط استاتيكى مقداره ١.٢٥ سم من الماء

ولتحديد القدرة التى تلزم للمروحة فإن الحسابات يجب أن تبنى على أساس أكبر كمية من الثمار يلزم تبريدها فى وقت واحد، والتى تكون فى ذروة الحصاد. وكقاعدة عامة فإن موتورات المراوح التى تكون بقوة ١/٥ حصان (١٥٠ وات) توفر ٤٠٠-٦٠٠ قدم مكعب/دقيقة أو حوالى ١١.٣-١٧٫٠م$^{3}$/دقيقة. ويمكن أن يختلف الضغط الاستاتيكى كثيرًا على امتداد نفق التبريد حيث يزداد إلى أقصى معدل له بالقرب من المروحة؛ وبذا تأخذ الكراتين البعيدة عن المروحة وقتًا أطول لكى تبرد.

يعرف سبعة أثمان (٧/٨) وقت التبريد بالوقت الذى يلزم لتبريد الثمار بمقدار ٧/٨ الفرق بين حرارتها الابتدائية وحرارة الهواء البارد المستخدم فى التبريد الأولى فمثلاً

إذا كانت حرارة المحصول ٢٤°م وحرارة هواء التبريد –١°م، فإن ٧/٨ التبريد يعنى خفض حرارة المنتج إلى ٢°م. وفى هذه الظروف يلزم التبريد لأكثر من الـ ٧/٨ للوصول بالمنتج إلى درجة التبريد المرغوب فيها، وهى صفر إلى ١°م.

وإذا ما تطلب خفض حرارة المنتج بمقدار الـ ٧/٨ للوصول بها إلى ٢°م (كما فى المثال السابق) .. إذا تطلب ذلك ساعتين من التبريد، فإن حرارة المُنتج تصبح ٠,٥°م بعد ساعة أخرى إضافية من التبريد الأولى.

وتبنى هذه الحسابات على أساس الوقت الذى يتطلبه تبريد أدفأ ثمرة فى البالتة، وهى التى توجد فى نهاية النفق (بعيدًا عن المروحة) من جهة الداخل.

ويمكن أن يختلف الضغط الاستاتيكى معنويًا على امتداد النفق، علمًا بأن أعلى ضغط يكون قريبًا من المروحة، ولذا .. فإن أدفأ الثمار تكون هى الأبعد عن المروحة.

ويجب دائمًا قياس درجة الحرارة فى أجزاء مختلفة من المُنتج المراد تبريده أوليًّا للتعرف على أقل الأماكن كفاءة فى عملية التبريد (عن Picha ١٩٩٧).

ويتحدد الوقت الذى يلزم لتبريد أدفأ الثمار بمقدار ٧/٨ بكل من سرعة حركة الهواء والضغط الاستاتيكى على جانبى النباتات، كما يلى (عن Mitchell وآخرين ١٩٩٦).

| | الوقت اللازم لـ ٧/٨ تبريد بالساعة: | | | |
|---|---|---|---|---|
| | ١,٥ | ٢ | ٣ | ٤ |
| سرعة تدفق الهواء (بالقدم مكعب فى الدقيقة لكل رطل من الفراولة)[١] | ٢,٠ | ١,٤ | ٠,٠٨ | ٠,٠٤ |
| الضغط الاستاتيكى للهواء على جانبى البالتات (أى ما بين داخل النفق وخارجه) بالبوصة[٢]: | ٠,٤٠ | ٠,٢٠ | ٠,٠٨ | ٠,٠٤ |

أ– ١ قدم مكعب= ٠,٠٢٨٣م³ ١ رطل= ٠,٤٥٤ كجم ب– ١ بوصة= ٢٥,٤ مم.

## التبريد الأولى تحت التفريغ

أمكن تبريد ثمار الفراولة أوليًا بطريقة التعريض للتفريغ vacuum cooling وفى هذه الطريقة تمت تعبئة الفراولة أولاً ثم وضعت فى حجرة التبريد بالتفريغ وخفض الضغط تدريجيًا من ١١ إلى ٢ كيلو باسكال kPa خلال الدقيقة الأولى، ثم إلى ٠,٤ كيلو باسكال خلال الدقيقة الثانية، وبعد ذلك استمر الضغط عند حوالى ٠,٥٥ كيلو باسكال وفى خلال ٣٠ دقيقة انخفضت حرارة سطح الثمار من ٢٠,٤°م إلى ٣,١°م، وحرارتها الداخلية من ٢١,٢°م إلى ٣°م. ولم يكن للتبريد بهذه الطريقة أية تأثيرات ضارة على خصائص الثمار. وبينما أدى التبريد بالتفريغ إلى فقد الثمار لحوالى ٢,٣١٪ من وزنها، فإن الفقد فى الوزن الذى تلى ذلك عند التخزين على ٥°م، و ٧٥٪–٨٠٪ رطوبة نسبية لمدة ٨–١٠ أيام كان أقل مما فى ثمار الكنترول التى وضعت مباشرة فى المخزن البارد دونما تبريد أولى (Amigo Martin & Mingot Marcilla ١٩٩٦).

## التبريد الأولى بالماء البارد

قارن Ferreira وآخرون (١٩٩٤) تبريد الفراولة أوليًا بالماء البارد hydrocooling مع تبريدها أوليًا بطريقة الدفع الجبرى للهواء البارد، وبطريقة الترك فى المخزن البارد room cooling، وذلك على ثمار الفراولة المكتملة النضج – عند الحصاد – من صنفى سلفا وسويت تشارلى. خزنت الثمار بعد تبريدها أوليًا – وبعد تغليف العبوات بغشاء من البولى فينيل كلوريد PVC أو عدم تغليفها – لمدة ٧–١٢ يومًا على حرارة ١°م أو ٧,٥°م، ثم تركت لمدة يوم واحد على حرارة ٢٠°م لمحاكاة ظروف التسويق. وقد أوضحت الدراسة أن التبريد الأولى بالماء البارد – وسواء أكان مزودًا بالكلورين أو غير مزود – لم تكن له تأثيرات ضارة على الثمار، ولم يؤد إلى زيادة إصابتها بالأعفان. ليس هذا فقط بل إن التبريد بالماء البارد أدى إلى احتفاظ الثمار بلونها بعد التخزين بصورة أفضل عما فى حالة التبريد الأولى بطريقة الدفع الجبرى للهواء، كما جعل الثمار أكثر صلابة وأقل فقدًا للوزن سواء أغلفت العبوات بال PVC، أم لم تغلف وكانت الثمار فى العبوات

المغلفة أكثر صلابة، وأقل محتوى من المواد الصلبة الذائبة الكلية، ولكن لم تتغير فيها الحموضة المعايرة أو الـ pH، وذلك مقارنة بعدم التغليف. وقد تراوحت نسبة الإصابة بالأعفان فى هذه الدراسة (والتى كانت أساسًا بسبب الإصابة بالفطرين *Rhizopus stolonifer*، و *Botrytis cinerea*) بين صفر٪، و ٥٪ فى حالة التبريد الأولى بالماء البارد، وبين ٢,٥٪، و ٧,٥٪ فى حالة التبريد بطريقة الدفع الجبرى للهواء.

وتبعًا لدراسات Sargent وآخرين (١٩٩٦) .. فقد أمكن تبريد الفراولة أوليًا بالماء البارد بسرعة أكبر بكثير من سرعة التبريد بطريقة الدفع الجبرى للهواء، حيث لم يستغرق تحقيق $\frac{7}{8}$ تبريد سوى دقائق معدودة بالماء البارد، بينما استغرق ذلك ساعة كاملة أو أكثر من ذلك بطريقة الدفع الجبرى للهواء. كذلك حافظت الثمار المبردة بهذه الكيفية والمعبأة فى عبوات المستهلك (سلال سعة حوالى $\frac{1}{4}$ كيلو جرام) على جودتها دون اختلاف عن تلك التى بُردت بطريقة الدفع الجبرى للهواء. ليس هذا فقط، بل إنه بعد التبريد بالماء البارد والتخزين لمدة أسبوعين على ١°م كانت نسبة الفقد فى الوزن أقل مما فى الثمار التى بردت بطريقة الدفع الجبرى للهواء، كما أمكن مكافحة الفطرين الرئيسيين المسببين لأعفان الثمار بعد الحصاد (وهما: *Botrytis cinerea*، و *Rhizopus stolonifer*) بإضافة الكلور الحر إلى ماء التبريد بتركيز ١٢٠ جزء فى المليون، مع ضبط pH الماء عند ٦–٧.

كذلك أدى تبريد الفراولة أوليًا بالماء المثلج حتى ٤°م إلى احتفاظها بجودتها أثناء التخزين فى حرارة مختلفة لمدة ٨ أو ١٥ يوما عما كان عليه الحال فى الثمار التى برّدت أوليا بطريقة الدفع الجبرى للهواء، حيث كانت أفضل فى لونها الخارجى، وأقل فقدًا للرطوبة، وأقل فى شدة الإصابة بالأعفان (Ferreira وآخرون ٢٠٠٦).

وعلى الرغم مما تقدم بيانه من مميزات للتبريد الأولى بتلك الطريقة، فإنه لا يوصى أبدًا فى الوقت الحاضر بتبريد ثمار الفراولة أوليًا بالماء البارد أو باستعمال الثلج لأن الثمار المبتلة تكون شديدة الحساسية للإصابة بالأعفان، كما أن الأسواق الأوروبية لا تقبل الثمار المبتلة

## التخزين البارد المؤقت

تحتاج ثمار الفراولة المبردة أوليًا إلى تخزينها – مؤقتًا – على حرارة الصفر المئوى، مع رطوبة نسبية مقدارها ٩٠٪–٩٨٪ قبل تحميلها فى شاحنات أو حاويات مبردة. هذا إلا أنه لا يجوز تخزين محصول الفراولة لأكثر من يوم واحد إذا كان معدًا للتصدير، لأن فترة التخزين تلك تستقطع تلقائيًا من فترة بقاء الثمار بحالة جيدة خلال عملية الشحن والعرض فى الأسواق والتى يجب ألا تقل عن أسبوع كما لا يجب إجراء ذلك لتخزين المؤقت إلا بهدف تجميع قدر كاف من المحصول لأجل شغل الفراغ الخاص بالشحنة فى الطائرات، أو إن لم تتوفر فراغات للشحنة فى الطائرات ويفضل دائمًا وصول المحصول إلى المطار فى مساء نفس يوم الحصاد.

ويلزم عادة توفير أجهزة لرفع الرطوبة النسبية إلى ما بين ٩٠٪، و ٩٨٪ ويجب وضع ستائر بلاستيكية ثقيلة على جميع المداخل لأجل الحد من تسرب الهواء الدافئ إلى داخل المخازن.

ويتعين تزويد المخازن المبردة بمراوح داخلية ذات قدره على تحريك الهواء داخل المخزن بمعدل ٠٦ ٠–٠,١٢م³/دقيقة لكل طن من الفراولة على أساس الحد الأقصى للسعة التخزينية للمخزن. ويجب تصميم وضع المراوح ومنافذ الهواء بحيث يتحرك الهواء ببطء فى جميع أجزاء المخزن لضمان تجانس درجة الحرارة فيه

ويجب أن تتوفر بالمخازن ستائر بلاستيكية سميكة تتدلى على جميع الأبواب وفتحات الممرات لتجنب فقد الرطوبة من المخازن. كذلك يجب أن يستعمل فى نقل بالتات المحصول روافع مشعبة forklifts تعمل بالكهرباء، للحد من كمية الطاقة الحرارية التى تخلفها عند التشغيل.

وتجدر الإشارة إلى أن احتياجات التبريد لأجل التبريد الأولى تزيد كثيرًا عن الاحتياجات التى تلزم للمخازن المبردة، الأمر الذى يتعين أخذه فى الاعتبار عند دراسة احتياجات التبريد لكليهما

كذلك لا تؤثر حركة الهواء السريعة على فقد الرطوبة من الثمار أثناء التبريد الأولى، ولكن استمرار الحركة السريعة للهواء لفترة طويلة أثناء التخزين التالى للتبريد الأولى يمكن أن يؤدى إلى ذبول الثمار وانكماشها.

وبينما لا تكون الحاجة ماسة جدًا لأن تكون الرطوبة النسبية ٩٥٪ أثناء التبريد الأولى، فإنها تكون ضرورة حتمية أثناء التخزين البارد.

هذا .. ويفضل دائمًا أن يكون التبريد الأولى فى جزء مستقل من حجرة تبريد كبيرة (عن Picha ١٩٩٧).

## التخزين والشحن فى جو هوائى معدل أو متحكم فى مكوناته

تفيد زيادة نسبة ثانى أكسيد الكربون وخفض نسبة الأكسجين فى إبطاء نضج الثمار وتحللها بعد الحصاد، ولكن لا يمكن أن يكون ذلك بديلاً للتبريد والرطوبة النسبية العالية. وتؤدى زيادة نسبة ثانى أكسيد الكربون إلى ١٠٪–٢٠٪، مع خفض نسبة الأكسجين إلى ٥٪–١٠٪ إلى تثبيط إصابة الثمار بالعفن الرمادى دون أن يلحق بها أضرارًا. ولطالما استعمل ثانى أكسيد الكربون فى الماضى كمثبط للنمو الفطرى فى شحنات الفراولة باستعمال الثلج الجاف مع إحكام تغطية البالتات للمحافظة على الغاز الذى ينتج عن تسامى الثلج الجاف.

وعلى خلاف الجو المتحكم فى مكوناته controlled atmosphere – والذى يراقب فيه بدقة تركيز الغازات – فإن الجو المعدل modified atmosphere يتم التوصل إليه من خلال نظام البالتات palletization technique. يستخدم لذلك تقنية تجارية تعرف باسم نظام تكترول Tectrol System، وفيه تغطى بالتات الفراولة بكيس كبير من البوليثيلين بسمك ١٢٥ ميكرون، يتم لحامه جيدًا عند القاعدة الخشبية بشريط لاصق، أو حراريًا، ثم يسحب الهواء من داخل البالتة حتى يحدث تفريغ جزئى، ويلى ذلك دفع مخلوط من ١٥٪–٢٠٪ ثانى أكسيد كربون مع الهواء عن طريق فتحة صغيرة توجد فى قمة الكيس، ثم تغلق هذه الفتحة جيدًا. وبمقتضى هذه التقنية تتراوح نسبة ثانى أكسيد

الكربون داخل البالتة بين ٤٪، و ٢٦٪ (عن Perkins-Veazie ١٩٩٦)، ولكن بمتوسط قدره ١٢٪–١٥٪، حيث يتساوى تقريبًا الفاقد من ثانى أكسيد الكربون بالتسرب مع المنتج منه عن طريق تنفس الثمار (Picha ١٩٩٧)

ومن أهم المشاكل المحتملة لهذا النظام انهيار العزل الغازى إما بسبب تمزق غطاء البالتة، أو عدم إحكام اللحام مع القاعدة.

ويسمح هذا النظام بشحن الفراولة مع منتجات أخرى قد تتطلب نسبة أخرى من مكونات الهواء على درجة الصفر المئوى (Kader ١٩٩١).

يمكن أن تظهر نكهة غير مرغوب فيها وروائح منفرة بثمار الفراولة فى خلال فترة لا تتجاوز ١٢ ساعة من تخزينها فى الجو المعدل أو فى الجو المتحكم فيه وغالبًا ما يحدث ذلك نتيجة لزيادة تركيز الأسيتالدهيد بالثمار، ثم تحلله إلى كحول إثيلى، مكسبًا الثمار طعمًا كحوليًا وتعد خلات الإثيل أكثر المركبات المتطايرة إسهامًا فى إعطاء الرائحة المنفردة فى مثل هذه الحالات.

ويمكن لثمار الفراولة أن تتحمل تركيزات عالية من ثانى أكسيد الكربون، مما يؤدى إلى زيادة قدرتها على تحمل التخزين. ويوصى غالبًا بزيادة تركيز الغاز إلى ١٥٪ عند التخزين على ١٠°م، وإلى ٢٠٪ عند التخزين على ٥°م وقد كانت استجابة ثمار الفراولة لزيادة تركيز الغاز خطية فيما بين تركيز صفر٪، و ١٨٪.

وتؤدى زيادة نسبة ثانى أكسيد الكربون إلى ٣٠٪ إلى تكوين طعم غير مرغوب فيه، وتتراوح النسبة المثلى للغاز بين ١٢٪، و ١٥٪. وبينما يؤدى خفض نسبة الأكسجين إلى ما بين ٠.٥٪، و ٢٪ إلى الحد من تنفس الثمار ومن نشاط الكائنات الدقيقة المسببة للعفن، إلا أن ذلك يؤدى – كذلك – إلى تكوين طعم غير مرغوب.

ولم تؤد زيادة تركيز الغاز إلى تثبيط نمو الفطريات المسببة للأعفان فقط، بل إنها أخرت فقد الثمار لصلابتها دون أن تؤثر على طعمها (عن Kim & Wills ١٩٩٨)

وتؤدى زيادة تركيز غاز ثانى أكسيد الكربون عن الحدود الموصى بها إلى ظهور طعم

غير مقبول بالثمار تتوقف شدته على كل من التركيز الذى وصل إليه الغاز ومدة التعرض له، كما تختلف الاستجابة للغاز باختلاف الأصناف (عن Fernández-Trujillo وآخرين ١٩٩٩).

يعد التخزين فى ١٥٪ ثانى أكسيد كربون أفضل وسيلة للحد من إصابة ثمار الفراولة بالفطر *Botrytis cinerea* (Wszelaki & Mitcham ٢٠٠٣).

وتقل الإصابة كثيرًا بالعفن الرمادى عند خفض نسبة الأكسجين إلى ٠,٥٪ ولكن هذا المستوى يقترب كثيرًا من المستوى الذى يضر بالثمار. كذلك تؤدى زيادة نسبة ثانى أكسيد الكربون عن ١٨٪ إلى تثبيط نمو عديد من الفطريات، ولكن هذه النسبة تُحدث أضرارًا بعديد من الثمار (عن Moyls وآخرين ١٩٩٦).

ويمكن لثمار الفراولة أن تحتفظ بجودتها لمدة ١٠–١٤ يومًا على حرارة ١°م فى هواء معدل يحتوى على ٣٪–٥٪ أكسجين، و ١٥٪–٢٠٪ ثانى أكسيد كربون.

كما أمكن المحافظة على نوعية ثمار الفراولة لمدة ١٤ يومًا – بصورة جيدة – بتخزينها على الصفر المئوى مع ١٢٪ ثانى أكسيد كربون، و ٦٪ أكسجين (Yang & Lee ١٩٩٩).

واحتفظت ثمار الفراولة التى قطفت فى مرحلة ثلاثة أرباع التلوين بصلابتها ولونها الأحمر الصافى بصورة أفضل من الثمار التى قطفت فى مرحلة اكتمال التلوين بالأحمر، وذلك عند تخزينها على ٤ أو ١٠°م، سواء أكان ذلك فى الهواء، أم فى الـ CA على ٥٪ أكسجين + ١٥٪ ثانى أكسيد كربون، وكانت أفضل جودة للثمار عندما خزنت فى الـ CA على ٤°م. ولقد كان التخزين فى الـ CA أفضل من التخزين فى الهواء فيما يتعلق بالمحافظة على الأنثوسيانين ومحتوى المواد الصلبة للثمار الـ ٣/٤ تلوين التى خزنت على ١٠°م؛ حيث لم تصبح كاملة الاحمرار إلاّ بعد أن نقلت إلى الهواء على ٢٠°م (Nunes وآخرون ٢٠٠٢).

وأدى تخزين الفراولة على ٥°م فى ٢٠٪ ثانى أكسيد كربون، مقارنة بالتخزين على

نفس الدرجة فى الهواء إلى انخفاض فى كل من اللون وتركيزات السكروز والسكريات المختزلة وحامض الستريك، بينما لم يؤثر التخزين فى التركيز المرتفع لثانى أكسيد الكربون على صلابة الثمار أو محتواها من المواد الصلبة الذائبة الكلية أو الـ pH أو الحموضة المعايرة (Pelayo-Zaldivar وآخرون ٢٠٠٧)

ومن الأهمية بمكان عند تحضير البالتات لأجل معاملتها بثانى أكسيد الكربون أن تكون الثمار مبردة جيدًا إلى الصفر المئوى؛ ذلك لأن الغطاء البلاستيكى للبالتة سوف يعيق أى تبريد إضافى كما يتعين إجراء كل خطوات هذه العملية فى حجرات مبردة، وقبل الشحن مباشرة

وتتكثف الرطوبة على الغشاء البلاستيكى المغلف للبالتة فى أى وقت يكون فيه ذلك الغشاء أبرد من الثمار أو أى سطح آخر بداخل البالتة؛ ولذا .. يتعين أن تكون الثمار مبردة أوليًا بشكل جيد جدًا قبل وضعها فى البالتات، وأن يتم تغليف البالتات قبل شحنها مباشرة.

وتجدر الإشارة إلى أن عملية التكثف المائى لا تحفز فقط انتشار الإصابة بالعفن الرمادى، ولكنها تضعف كذلك من متانة الكراتين وتعرض الثمار بداخل البنتس لأضرار جسيمة.

تحدث أكبر فائدة من الشحن والتخزين فى الجو المعدل عند حصاد الفراولة بعد الفترات التى كان يسودها جو بارد رطب أو ضباب كثيف، حيث قد يتجمع الماء الحر على الثمار فى الحقل، وهى الظروف التى يتوقع على أثرها انتشار الإصابة بالعفن الرمادى (عن Mitchell وآخرين ١٩٩٦).

ويتم بهذه الطريقة شحن كميات كبيرة من الفراولة من كاليفورنيا إلى الساحل الشرقى للولايات المتحدة، كما أنها صالحة للتطبيق على شحنات النقل البحرى من مصر إلى أوروبا، علمًا بأن الشحن يستمر على درجة الصفر المئوى. وبهذه الطريقة يمكن أن تحتفظ الثمار بجودتها لعدة أيام بعد خمسة أيام من الشحن البحرى

ونظرًا للأهمية القصوى للمحافظة على سلسلة التبريد عند اتباع هذه الطريقة، فإنه يصعب تطبيقها بهدف زيادة القدرة التخزينية عند الشحن بطريق الجو، بسبب الحاجة لفتح العبوات لإجراء الفحص الجمركى فى كل من الدولتين المصدرة والمستوردة.

كذلك فإن مجرد إزالة الغطاء البلاستيكى المحيط بالبالتة لإجراء عملية الفحص يؤدى حتمًا إلى تسرب غاز ثانى أكسيد الكربون.

ولكن يفيد اتباع هذه التقنية فى الشحن البحرى للفراولة حيث تبقى الشحنة طوال فترة الشحن وهى محكمة الإغلاق؛ وبذا .. تتحقق الاستفادة المرجوة من زيادة تركيز غاز ثانى أكسيد الكربون (عن Picha ١٩٩٧).

وقد ذكر أن زيادة نسبة ثانى أكسيد الكربون فى الهواء المحيط بالثمار يجعلها تحتفظ بصلابتها لفترة أطول مقارنة بالتخزين فى الجو العادى فى الحرارة ذاتها. ليس هذا فقط، بل إن Smith & Skog (١٩٩٢) وجدا أن تخزين ثمار الفراولة المبردة أوليًا إلى ٠,٥°م لمدة ٤٢ ساعة فى ١٥٪ ثانى أكسيد كربون أدى إلى تحسين صلابة الثمار – مقارنة بصلابتها عند بدء التخزين – فى ٢١ صنفًا من بين ٢٥ صنف تمت دراستها.

كذلك أدى تخزين الفراولة فى هواء يحتوى على ٢٠٪–٣٠٪ ثانى أكسيد كربون على حرارة ٢,٢°م لمدة يومين إلى زيادة صلابتها. وأظهر تحليل الجدر الخلوية أن الثمار المعاملة بهذه الطريقة نقص محتواها من البكتين القابل للذوبان فى الماء، بينما ازداد محتواها من البروتين الذائب الخالب chelating soluble protein، مقارنة بالثمار التى خزنت فى هواء عادى (Siriphanich ١٩٩٨).

وأعطى تعريض ثمار الفراولة لغاز ثانى أكسيد الكربون بتركيز ٢٠٪ – بصورة مستمرة – أفضل تأثير فيما يتعلق بزيادة صلابة الثمار، كما أن معاملة الثمار بالغاز بتركيز ١٠٠٪ لمدة لا تزيد عن ٣ ساعات كانت – كذلك – فعالة فى زيادة الصلابة دون التأثير سلبيًا على الجودة، إلا أن المعاملة بهذا التركيز لمدة ٤ ساعات أدت إلى تكوين طعم غير

مرغوب فيه. وقد أوصى – للحصول علـى أحـسن جـودة للثمـار – عنـد المعاملـة بالغـاز بتركيز ١٠٠٪، أن يجرى ذلك لمدة ساعتين فقط (Hwang وآخرون ١٩٩٩)

كذلك وجد Watkins وآخرون (١٩٩٩) لدى معاملتهم لثمـار ٧ أصـناف مـن الفراولـة بتركيز ٢٠ كيلو باسكال من ثانى أكسيد الكربون على حرارة ٢°م لمدة ٧ أيام أن المعاملـة أدت إلى زيادة الصلابة فى كل الأصناف، ولكن بدرجات مختلفة. وكانت الثمر المعاملـة بالغاز أضعف لونًا وأقل احمرارًا عن الثمار التـى خزنـت فـى الهـواء غـير المعـدل تحـت الظروف ذاتها. كذلك تراكم الأسيتالدهيد، والإيثانول، وخلات الإثيل فى الثمار المعاملـة بالغاز، ولكن بـدرجات مختلفـة، وكانـت أقـل تركيـزات لهـا فـى الـصنف Annapolis وأعلى تركيزات فى الصنف Governer Simoe.

ويتأثر مدى الزيادة فى صلابة الثمار التى تُحدثها المعاملة بثانى أكسيد الكربون بكـل من درجـة نضج الثمار ودرجة حرارة التخزين (عن Harker وآخرين ٢٠٠٠)

وقد عامل Harker وآخرون (٢٠٠٠) ثمار صنف الفراولة باخارو بثانى أكسيد الكربون بتركيزات ٥٪–٤٠٪ لمدة ثلاثة أيام، ثم خزنوا الثمار على حرارة الصفر المئوى لمدة ثلاثة أسابيع، ووجدوا أن الثمار كانت أكثر صلابة فى المخزن على حرارة الـصفر عمـا كانـت عليه عند الحصـاد، وأن الصلابة ازدادت بدرجة أكبر عندما عوملت الثمار بثانى أكـسيد الكربون، الذى أحدث زيـادة مقـدارها ٦٠٪ فـى شـدة التـصاق الجـدر الخلويـة بعـضها ببعض. وقد استنتج الباحثون أن زيادة صلابة الثمار التـى أحـدثتها المعاملـة بغـاز ثـانى أكسيد الكربون ربما تعود إلى التغيرات فى pH الجدر الخلوية الذى ربما يحفـز ترسـيب البكتينات الذائبة، ويزيد من شدة لصق الخلايا بعضها ببعض.

وللشحن فى الهواء المعدل تأثيرات أخرى على كـل مـن نكهـة الثمـار ومحتواهـا مـن حامض الأسكوربيك، والصبغات.

فعندما عامـل Fernández-Trujillo وآخـرون (١٩٩٩) ثمـار ٧ أصـناف مـن الفراولـة بتركيز ٢٠ كيلو باسكال من ثـانى أكـسيد الكربـون وجـد أن المعاملـة أدت إلى زيـادة

تركيز الأسيتالدهيد، والإيثانول، وخلات الإثيل في ثمار الصنفين Honeoye، و Kent، ولكن ليس في ثمار الصنفين Cavendish، و Annapolis. وقد اعتبر الصنفان الأول والثاني حساسين للتركيز العالي من ثاني أكسيد الكربون، بينما اعتبر الصنفان الثالث والرابع متحملين. كذلك كان نشاط الإنزيمين pyruvate decarboxylase، و alcohol dehydrogenase أعلى في الثمار المعاملة بالغاز عما في ثمار الكنترول في الصنفين المتحملين، ولكن ليس في الصنفين الحساسين. كذلك ازداد تراكم حامض الصكنك succinate في ثمار جميع الأصناف، ولكن تركيزاته كانت أعلى في الأصناف المتحملة عما في الأصناف الحساسة.

وأدى تخزين ثمار الفراولة في هواء يحتوى على ثانى أكسيد كربون بنسب عالية وصلت حتى ٢٠٪ في حرارة صفر إلى ١°م إلى سرعة تحلل حامض الأسكوربيك إلى حامض ديهيدروأسكوربيك dehydroascorbic acid، ثم إلى مركب آخر، ربما كان 2,3-diketogulonic acid، وذلك مقارنة بالتخزين في الهواء العادى في الحرارة ذاتها وبعد ٢٠ يومًا من التخزين كان تحلل حامض الأسكوربيك بدرجة أكبر عندما كان الجو المعدل (الذى يحتوى على تركيز عال من ثانى أكسيد الكربون) يحتوى — كذلك — على ١٪–٣٪ أكسجين مقارنة بتركيز > ١٤٪ (Agar وآخرون ١٩٩٥).

وازداد تركيز الأنثوسيانين في الأنسجة الخارجية والداخلية لثمار الصنف سلفا المخزنة على ٥°م لمدة ١٠ أيام، وكانت هذه الزيادة أقل سرعة عندما عُدِّل الهواء ليحتوى على ١٠ أو ٢٠ كيلو باسكال kPa من ثانى أكسيد الكربون؛ وبذا .. كان لون الثمار أقل دكنة عند زيادة تركيز ثانى أكسيد الكربون في هواء المخزن عما في حالة التخزين في الهواء العادى. وقد وجد كذلك أن الـ pH ازداد، بينما انخفضت الحموضة المعايرة بدرجة كبيرة أثناء التخزين، وازدادت هذه التغيرات مع زيادة تركيز غاز ثانى أكسيد الكربون في الأنسجة الداخلية للثمار، وربما لعبت هذه التغيرات دورًا في التأثير على صبغة الأنثوسيانين التي يتأثر تعبير اللون فيها بالـ pH (Holcroft & Kader ١٩٩٩أ، و ١٩٩٩ ب).

ومن الممارسات الشائعة في شحن وتسويق الفراولة تغليف عبوات المستهلك الذى يحقق هدفين رئيسيين، هما

١– تقليل فقد الرطوبة من الثمار، ومن ثم احتفاظها بنضارتها لفترة أطول

٢– زيادة مستوى ثاني أكسيد الكربون ونقص مستوى الأكسجين في العبوات نتيجة لتنفس الثمار، ومن ثم الحد من نشاط الفطريات المسببة للأعفان.

وقد وجد أن تغليف عبوات الفراولة الحديثة الحصاد غير المعاملة بالمبيدات الفطرية بأغشية البولى فينيل كلوريد PVC المنفذة لغازات الهواء الجوى أدى إلى المحافظة على صفات الجودة بصورة كبيرة، حيث احتفظت الثمار بصلابتها وقل الفقد في الوزن، وتأخر جفاف الكأس، وانخفضت جوهريًا الإصابة بالعفن الرمادى. وقد صاحبت عملية التغليف زيادة في نسبة ثاني أكسيد الكربون في الهواء داخل العبوات ( Aharoni & Barkai-Golan ١٩٨٧).

وعبأ Perez وآخرون (١٩٩٧) ثمار الفراولة من صنف كاماروزا في بنتس سعة ٢٥٠ جم ثم غلفوها بأغشية البولى فينيل كلورايد، أو البولى بروبلين، أو لم يغلفوها، ثم وضعوا البنتس في حرارة ٢°م لمدة ٣ أيام، ثم في حرارة ١٦°م لمدة ٤ أيام لمحاكاة فترتي الشحن والعرض بالأسواق، على التوالى. وقد وجد الباحثون أن مستوى ثاني أكسيد الكربون ازداد في اليوم السابع إلى ٥٪ عند التغليف بالبولى فينيل كلورايد وإلى ١٥٪ عن التغليف بالبولى بروبلين وفي هذا اليوم السابع كات ثمار العبوات المغلفة بالبولى بروبلين أصلب جوهريًا عن كل من الثمار المغلفة بالبولى فينيل كلورايد والكنترول. وعلى الرغم من ازدياد دكنة اللون بصورة غير مرغوب فيها في جميع المعاملات، إلا أن الثمار المغلفة كانت أفضل لونًا. وقد كان تركيز الكحول الإثيلى (الذى كان أهم المركبات المسئولة عن الطعم غير المرغوب فيه) في اليوم السابع ٥٧، و ١٠٧، و ٧٥ جزءًا في المليون في الثمار المغلفة بالبولى فينيل كلوريد، والمغلفة بالبولى بروبلين، وثمار الكنترول غير المغلفة، على التوالى.

وقام Garcia وآخرون (١٩٩٨) بدراسة تغليف عبوات الفراولة بأنواع مختلفة من الأغشية، هى أغشية السيليلوز، والبولى بروبلين المثقب وغير المثقب، والبولى فينيل

كلورايد، مع التخزين على حرارة ١٨°م لمدة ٤ أيام، ووجدوا أن التغليف فى البولى بروبلين غير المثقب أحدث أكبر زيادة فى نسبة ثانى أكسيد الكربون وأكبر خفض فى نسبة الأكسجين داخل العبوات، وأن ثمار تلك العبوات كانت أعلى الثمار جودة، ولكن مظهرها لم يكن مرغوبًا فيه بسبب التكثف الرطوبى. وبالمقارنة حدث انكماش – بسبب الفقد فى الوزن – عندما غلفت العبوات بالسيليلوز، بينما كانت أفضل الثمار مظهرًا هى التى غلفت عبواتها بالبولى بروبلين المثقب والبولى فينيل كلورايد، ولكن الثمار التى غلفت بالبولى بروبلين المثقب تدهورت جودتها سريعًا. وفى دراسة أخرى ( & Garcia Olias ١٩٩٨) خزنت الثمار على حرارة ٢°م لمدة ٣ أيام، ثم على حرارة ١٨°م، ووجد أن العبوات التى غلفت بالبولى فينيل كلورايد احتفظت بجودتها لمدة ٤ أيام على الأقل.

كما قام Nunes وآخرون (١٩٩٨) بدراسة تأثير تخزين ثمار الفراولة لمدة ٨ أيام على حرارة ١ أو ١٠°م، أو لمدة ٤ أيام على حرارة ٢٠°م، مع تغطية العبوات أو عدم تغطيتها بغشاء من البولى فينيل كلورايد على كل من الفقد الرطوبى والفقد فى حامض الأسكوربيك وقد وجدوا أن الفقد فى حامض الأسكوربيك كان منخفضًا ولم يختلف بين معاملتى التغطية أو عدم التغطية على حرارتى ١، و ١٠°م، ولكن الفقد كان أكبر كثيرًا على حرارة ٢٠°م. وأدى التغليف إلى خفض الفقد فى حامض الأسكوربيك إلى الخُمس على حرارة ١، و ١٠°م، وإلى النصف على حرارة ٢٠°م، علمًا بأن ذلك التأثير لم يكن راجعًا إلى حدوث أى تغيرات فى مستوى الأكسجين أو ثانى أكسيد الكربون فى حالة التغليف لأن تلك التغيرات كانت محدودة للغاية؛ بما يعنى أن الفقد الرطوبى كان له تأثيرًا أكبر على حامض الأسكوربيك عن درجة حرارة التخزين. وقد أدى التغليف مع التخزين على حرارة ١ أو ١٠°م إلى خفض الفقد فى حامض الأسكوربيك إلى ١٣,٣٪ فقط من الفقد الذى حدث عند عدم التغليف مع التخزين على ٢٠°م.

## إمتصاص الإثيلين المحيط بالثمار أثناء الشحن والتخزين

أدى استعمال المواد الممتصة للإثيلين – وهى التى تتكون من الفحم المشبع بالبروم،

أو من برمنجنات البوتاسيوم – إلى امتصاص الإثيلين، وربما إلى زيادة صلابة الثمار قليلاً، ولكنها لم تقلل من الإصابة بأعفان الثمار (عن Perkins-Veazie & Collins 1995).

وبينما أدت إضافة الإثيلين بتركيز ٢٠ ميكروليتر/لتر إلى تحفيز نمو الفطريات والإسراع بشيخوخة الثمار، فإن إضافة المركبات الممتصة للإثيلين – مثل برمنجنات البوتاسيوم – أدت – عند تخزين الفراولة على ٢°م – إلى تقليل الأعفان والمحافظة على صلابة الثمار

وأدى تعريض ثمار الفراولة إلى تركيزات متناقصة من الإثيلين ما بين ١٠، و ٠,٠٠٥ ميكروليتر/لتر على ٢٠°م، وصفر °م إلى المحافظة على صفات الجودة لفترة أطول، وتقليل الإصابة بالأعفان، مع بقاء الثمار أكثر صلابة مما فى الكنترول.

وعندما أضيفت برمنجنات البوتاسيوم للثمار المخزنة على ٢°م فى ٧٪ ثانى أكسيد الكربون، كانت الثمار أكثر صلابة (عن Kim & Wills ١٩٩٨)

ولقد أوضحت دراسات Kim & Wills (١٩٩٨) أن إضافة ثانى أكسيد الكربون وبرمنجنات البوتاسيوم معًا أدت إلى نقص تركيز الإثيلين فى الهواء أثناء التخزين، ونقص معدل تدهور الثمار. وكانت فترة احتفاظ الثمار بجودتها متناسبة عكسيًّا مع لوغاريتم تركيز الإثيلين، وطرديًا مع تركيز غاز ثانى أكسيد الكربون. وقد أظهرت هذه الدراسة أهمية فعل التركيز العالى لثانى أكسيد الكربون فى تثبيط إنتاج الإثيلين.

## طرق الشحن

تنقل الفراولة المبردة أوليًا بطريق البر إما إلى الدولة المستوردة مباشرة، وإما إلى المطار لأجل الشحن الجوى، وإما إلى الميناء لأجل الشحن البحرى. كذلك تنقل الفراولة بعد وصولها إلى ميناء الوصول بطريق البر إلى حيث تخزن مؤقتًا لحين تسويقها

## الشحن البرى

يمكن شحن الفراولة بطريق البر، وتستخدم لأجل ذلك شاحنات ذاتية التبريد توضع فيها بالتات أو كراتين الفراولة (كل ٤ كراتين فى حزمة)، حيث يستمر فيها التبريد بطريقة دفع الهواء من أسفل bottom air-delivery. كما يمكن استخدام الشاحنات المبردة – كذلك – فى نقل البالتات ذات الهواء المعدل، بهدف زيادة فترة احتفاظ الفراولة بجودتها لحين وصولها إلى المستهلك.

وتجدر الإشارة إلى أن الشاحنات المبردة ليست وسيلة لتبريد الفراولة وإنما للمحافظة على برودتها فقط؛ لذا .. يتعين تبريد الشاحنة إلى درجة الصفر المئوى قبل تحميلها بالمحصول الذى يكون قد سبق تبريده – كذلك – إلى درجة الصفر. كما يتعين الاهتمام بكفاءة العزل فى الشاحنة، وسلامة الأبواب، وكفاءة وحدة التبريد، ونظام تقليب الهواء ومساراته.

تضر الاهتزازات التى تتعرض لها الشاحنات أثناء تحركها كثيرًا بثمار الفراولة، ويكون الضرر أقل ما يمكن فى مقدمة الشاحنة وفى منتصفها؛ ولذا .. يتعين عندما لا تكون الشاحنة ممتلئة بالمحصول، أو عندما تستخدم فى نقل أكثر من محصول، أن يخصص الجزء الأمامى منها للفراولة.

وقد أوضحت عديد من الدراسات أن جدر الشاحنة يمكن أن تسخن كثيرًا أثناء النقل من جراء تعرضها لأشعة الشمس، وأن جزءًا من تلك الحرارة تنتقل للثمار القريبة من الجدر؛ لذا .. يفضل ترك فراغ بين كراتين أو بالتات الفراولة والجدر الداخلية للشاحنة، مع تجنب رص الكراتين بجوار جدر الشاحنة التى تكون مواجهة لأشعة الشمس القوية خلال معظم الطريق.

ويجب ضبط منظم الحرارة بالشاحنة على ١°م بحيث لا تتعرض الثمار للتجمد إذا كانت دقة المنظم فى حدود ± ١,٥°م، حيث يكون أقصى انخفاض للحرارة فى هذه الحالة هو –٠,٥°م وهى درجة أعلى من أعلى درجة ممكنة لتجمد الفراولة، وهى –٠,٨°م (عن Mitchell وآخرين ١٩٩٦).

## الشحن الجوى ووسائل المحافظة على سلسلة التبريد

تنقل الفراولة المبردة أوليًا إلى المطار – لأجل شحنها بطريـق الجـو – فـى شـاحنات مبردة صغيرة يجب تبريد الشاحنات جيدًا قبل تحميلها، كما يجب حفظ الثمار مـبردة خلال فترة انتظارها قبل تحميلها على الطائرات وتراعى خلال مرحلة النقل الـبرى إلى المطار الاحتياطات التى سبقت مناقشتها تحت موضوع الشحن البرى.

ويراعى نقل الفراولة إلى المطار فى مساء نفس يوم الحصاد، علمًا بأن الطـائرات تقلـع عادة فى الصباح المبكر من اليوم التالى. وفى محطـة الوصـول يراعـى – كـذلك – سـرعة نقل الفراولة إلى مكان مبرد بمجرد الانتهاء من إجراءات الجمارك.

ونظرًا لأن الفراولة المبردة لا يستمر تبريدها أثناء تواجدها على متن الطـائرات وحتـى وقت اسـتلامها من قبل الجهة المستوردة؛ الأمر الذى يؤدى إلى قطع سـلسلة التبريد. لـذا فإن من الضرورى المحافظة على سلسلة التبريد بكل الوسائل المتاحة

**ومن أهم وسائل المحافظة على سلسلة التبريد أثناء الشحن الجوى، ما يلى:**

**استعمال الإى كونتينرز**

إن الـ إى كونتينرز E-Containers عبارة عن صـناديق كـبيرة تتكـون مـن كرتـون معرج ذات قدرة على تحمل الضغط حتى حوالى ٢٠ كجم/سم$^{٢}$ وتجرى عملية وضع كراتين الفراولة – المعبأة والمبردة – فى داخل هذه الصناديق فى حجـرات التخـزين المبردة.

تبلغ الأبعاد الداخلية لـ E-containers ٩٢,٥ سم طولاً × ٦٨,٥ سم عرضًا × ٦٤,٥ سم ارتفاعًا. أما الأبعاد الخارجية فهى ٩٥,٥ سم × ٧١,٥ سم × ٦٧,٥ سم، ويعنى ذلك أن سمك جميع جدرانها يبلغ ٣ سم، كما يكون غطاؤها وقاعدتها بالسمك ذاته ويرجـع ذلك إلى أن الـ E-containers تغطى من جميع الجوانب بطبقة مزدوجة من الاسـتيروفوم يبلغ سمكها ٣٠ مم

يتسع كل E-container لحوالى ٤٠ كرتونة فراولة بكل منها ٢ كجم من الثمار، ويوضع معها حوالى ٤–٦ أكياس جل gel packs للمحافظة على بقاء الثمار المبردة باردة

وتغطى الـ E-containers أحيانًا من الخارج بطبقة من رقائق الألومنيوم aluminum foil لعكس الحرارة، ولكن ذلك ليس شرطًا ضروريًا

يجب شحن الـ E-containers المعبأة إلى المطار في شاحنة مبردة على درجة الصفر المئوى، مع ضرورة تقليص الفترة التى تمر بين تفريغ الـ E-containers من الشاحنات وتحميلها على الطائرة إلى أقل حد ممكن، وكذلك عدم رفع غطاء الـ E-containers من عليها، وإلا انتفى الغرض من استعمالها.

## استعمال عبوات الجل

إن عبوات الجل gel packs عبارة عن جل مجمد فى أكياس بلاستيكية، وهى توضع داخل الـ E-containers للمحافظة على برودتها أثناء النقل. ويجب استعمال عبوات الجل بمعدل ١ كجم من المادة الرطبة المجمدة لكل ١٠ كجم من الثمار. ويعنى ذلك أن كل E-containers يحتوى على ٤٠ كرتونة فراولة (٨٠ كجم فراولة) يلزمه حوالى ٨ كجم من الجل باك المجمد، أى حوالى ٨ أكياس من تلك التى تبلغ أبعادها ٢٠ × ١٥ × ٢,٥ سم.

تتوفر الـ gel packs فى صورة تحضيرات تجارية سابقة التجهيز ومعبأة فى أكياس بلاستيكية قوية ومثقبة بثقوب دقيقة لكى تسمح بامتصاص الرطوبة.

هذا .. ويبلغ الوزن الجاف لمادة الـ gel packs فى العبوة الواحدة حوالى ١٨ جم. أما وزنها بعد اكتمال ترطيبها فإنه يختلف باختلاف المادة المستعملة بين ٦٥٠، و ١١٠٠ جم.

ومن أكثر أنواع المواد الخام استعمالاً فى عمل الـ gel packs: كربوكسى مثيل سيليلوز carboxymethyl cellulose (اختصارًا. CMC) ونشا الذرة النقى.

ومن بين المصادر التي يمكن الحصول منها على gel packs ما يلي:

Tekpak Inc , NY, USA.
Peabody, Montana, USA.
Midlands Chemical Co , Omaha, NE, USA.
Topa Co., The Netherlands.

## استعمال الإنفيروتينرز

إن الإنفيروتينـرز Envirotainers عبـارة عـن LD-3 containers ذات جـدار عـازلـة للحرارة توفرها الخطوط الجوية لمن يرغب في الشحن المبرد. يتسع كل Envirotainer لحوالى ٣٠٠ كرتونة فراولة، ويُحافظ على الحرارة منخفضة بداخلها إما بواسطة التبريد الميكانيكي، وإما بواسطة الثلج الجاف أو الـ gel packs.

ويعد التبريد الميكانيكي أكفأ وسائل التبريد، ولكنه مكلف، ويزيد من تكاليف الشحن بسبب الوزن الزائد لوحدة التبريد. ولا يوصى باستعمال الثلج الجاف لأن طبقة الثمار المجاورة لمكان وضع الثلج الجاف قد تتجمد من شدة انخفاض درجة الحرارة حولها وبذا . فإن استعمال الـ gel packs يعد أنسب الوسائل المتاحة حاليًا للمحافظة على برودة الـ Envirotainers.

يفضل نقل الـ Envirotainers إلى مكان التعبئة وتحميلها بالفراولة المعبأة والمبردة أوليًا، ثم إضافة الـ gel packs بمعدل كيلوجرام واحد منها (من المادة الرطبة) لكل ١٠ كجم من الثمار. ويمكن استعمال بلوكات أو شرائح من البوليسترين لتثبيت كراتين الفراولة في مكانها داخل الـ envirotainers وإذا تطلبت إجراءات الطيران فتح الـ envirotainers وفحصها قبل تحميلها على الطائرات فإنه يتعين إجراء ذلك داخل حجرات مبردة للمحافظة على سلسلة التبريد.

## استعمال الأغطية الحرارية

تستعمل الأغطية الحرارية thermal blankets إما في تغطية الـ E-containers من

الخارج، وإما فى تبطين الـ envirotainers من الداخل، وذلك كعازل حرارى، وهى تصنع من مادة إسفنجية عازلة للحرارة مغطاة بغطاء عاكس للحرارة. ويمكن للأغطية الحرارية أن تحافظ على حرارة ٣°م داخل العبوات لمدة تصل إلى ٣٦ ساعة. كذلك يمكن تغليف بالتات الفراولة ذاتها بالأغطية الحرارية، ويلزم فى هذه الحالة تحزيمها جيدًا مع البالتة.

ومن بين الشركات التى تقوم بتصنيع وبيع الأغطية الحرارية شركة:

IFC, Pomona, CA, USA.

### ومن أهم وسائل مراقبة درجة الحرارة أثناء الشحن الجوى، ما يلى:

### استعمال أجهزة لتسجيل درجة الحرارة

يفضل دائمًا تسجيل التغيرات فى درجة الحرارة داخل الـ E-containers، والـ Envirotainers سواء أستعملت معها الأغطية الحرارية، أم لم تستعمل، وذلك لأجل الحصول على سجل لدرجة الحرارة من لحظة الشحن إلى لحظة الاستلام، وهو أمر ذات أهمية كبيرة فى حالات تأخر الشحن وعند وصول الشحنة بحالة غير مرضية للمستورد، كما أنه أصبح أحد متطلبات المشترين الأوروبيين ضمن النظام المعروف باسم HACCP (أو hazard analysis critical control point).

ومن بين المصادر التى يمكن الحصول منها على أجهزة التسجيل الصغيرة لدرجة الحرارة، ما يلى.

Ryan Instruments, Redmond, Washington, USA.

Cox Recorders, Upland, CA, USA.

### استعمال بطاقات الأمان الحرارى والتخزينى

تتوفر بالأسواق بطاقات خاصة توضع على العبوات من الخارج لتبين مدى التعرض لدرجة الحرارة غير المناسبة ومدة التعرض لها، وما إذا كان ذلك التعرض فى الحدود الآمنة أم أنه تخطاها، وذلك خلال فترتى الشحن والتخزين التالى للاستلام توجد على البطاقات نقط تتحول من اللون الأخضر إلى الأصفر إذا ما زادت شدة الحرارة ومدة التعرض لها عن الحدود الآمنة أثناء الشحن والتخزين التالى له.

وتتوفر هذه البطاقات لدى شركة :

Cox Recorders, Upland, CA, USA.

## الشحن البحرى

يتطلب الشحن البحرى الالتزام بما يلى :

١– استعمال منتج عال الجودة مبرد أوليًا بشكل جيد، وتم تداوله بكفاءة عالية

٢– استعمال بالتات ذات جو هوائى معدل.

٣– التحميل فى المزرعة فى حاويات مبردة refer containers سبق تبريدها إلى الصفر المئوى

٤– نقل الحاويات المبردة على الشاحنات إلى الميناء البحرى، ثم إلى السفينة التى تنقلها إلى ميناء الوصول.

٥– نقل الحاويات المبردة على شاحنات أخرى بطريق البر إلى موقع التخزين المؤقت لدى الجهة المستوردة

ويعنى ذلك أن سلسلة التبريد لا تقطع أبدًا ما دامت أجهزة التبريد التى توجد بالحاويات تعمل بكفاءة وكما فى حالة الشحن البرى . فإن أجهزة التبريد فى الحاويات المبردة يجب أن تضبط على ١°م حتى يكون المدى الحرارى داخل الحاوية بين –٠,٥°م، و ٢,٥°م وذلك بافتراض أن دقة المنظم تبلغ ± ١,٥°م، وأن أ°لى درجة ممكنة لتجمد ثمار الفراولة هى –٠,٨°م.

ومن الطبيعى أن الشحن البحرى يتطلب حجم إنتاج يتناسب مع حجم الحاويات المستخدمة، ومواعيد لإقلاع البواخر تتناسب مع نظام الحصاد اليومى لحقول الفراولة

## التصدير

### مواسم وأسواق التصدير

تصدر الفراولة إلى الأسواق الأوروبية من نوفمبر إلى نهاية يناير، وربما إلى نهاية شهر فبراير، ويتوقف ذلك على مدى وفرة الإنتاج الإسبانى المبكر.

ويُعد تصدير الفراولة إلى الدول الأوروبية أكثر ربحية من تصديرها إلى الدول العربية، إلاّ أن الأسواق العربية تستقبل حوالى ٧٠٪ من إجمالى كميات الفراولة المصدرة من مصر، وتستقبل الأسواق الأوروبية معظم الكميات المتبقية. وأكثر الدول المستوردة للفراولة المصرية – مرتبة تنازليًا – هى: المملكة العربية السعودية، والكويت، والإمارات العربية المتحدة، وبلجيكا، والمملكة المتحدة. وبينما يتراجع التصدير إلى الدول الأوروبية بداية من شهر فبراير – ونادرًا ما يمتد بعد مارس – فإن التصدير إلى الدول العربية يستمر على امتداد موسم إنتاج الفراولة بداية من شهر نوفمبر، ولا يتراجع التصدير إليها إلا فى شهر مايو – وتعد سنغافورة هى الدولة غير العربية وغير الأوروبية الوحيدة التى تصدر إليها كميات ملموسة من الفراولة

## رتب الفراولة المصدرة

يتم تدريج محصول الفراولة إلى أربع رتب على أساس أكبر قطر للثمرة (وهو القطر الذى يصنع زاوية قائمة مع الخط الواصل بين عنق الثمرة وقمتها)، كما يلى:

| الدرجة | أقل قطر (مم) |
|---|---|
| إكسترا Extra | ٢٥ |
| الأولى I والثانية II | ٢٢ |
| الثالثة III | ١٥ |

تتطلب معظم سلاسل السوبر ماركت الأوروبية أن يتراوح وزن ثمرة الفراولة بين ٢٠، و ٣٠ جم، أى حوالى ١٢–٨ ثمرة فى كل بنت سعة ٢٥٠ جم.

وعادة .. توجه ثمار الرتبة الثالثة إلى السوق المحلية.

## بيانات الكراتين

يتعين ذكر بيانات محددة على الكراتين المستعملة فى تصدير الفراولة، تتضمن: اسم

المنتِج، واسم وعنوان المُصدِّر، والاسم التجارى، واسم دولة المنشأ، ورتبة المنتَج المُصدَّر، والوزن الصافى، ودرجة الحرارة الموصى بها وهى صفر إلى ١ °م

ويجب أن تكون جميع العبوات المستخدمة فى التصدير جيدة المظهر ومصنوعة من مواد قابلة لإعادة التصنيع

## مواصفات فراولة التصدير

ينبغى أن تتوفر فى الفراولة المصدرة الصفات التالية:

١– يجب أن تكون الثمار خالية من جميع الأضرار المرضية والحشرية، وتلك التى ترجع إلى أسباب جوية أو فيزيائية.

٢– يجب أن تكون الثمار خالية تمامًا من التلوث بالتربة أو بأى مواد غريبة

٣– يجب أن تكون الثمار خالية من أى رائحة غريبة أو طعم غير مقبول

٤– لا يجب حصاد الثمار أثناء هطول الأمطار أو بعد ذلك مباشرة، حيث يجب أن تكون الثمار خالية من الرطوبة الحرة وقت حصادها، كما لا يجب غسل الثمار بالماء

٥– يجب أن يكون عنق الثمرة بطول ٠,٥–١,٠ سم.

٦– يجب أن تكون أوراق كأس الثمرة طازجة وخضراء اللون وغير ذابلة أو مصابة بالأمراض أو ملوثة بأى مواد غريبة.

٧– يجب أن تكون الثمار لامعة وطازجة، وبدون أكتاف أو قمة خضراء أو بيضاء، وأن تكون محتفظة برونقها، ولا يوجد بها أية أعفان أو تدهور من أى نوع.

٨– يجب أن تكون الثمار فى درجة مناسبة من النضج، وهى الدرجة التى تسمح بتداولها، وشحنها، ووصولها إلى الأسواق بحالة جيدة.

٩– يفضل لون الثمار الأحمر البراق المتجانس، أو الأحمر البرتقالى المتجانس على كل سطح الثمرة. ويدل اللون الشاحب أو اللون الأحمر القاتم على زيادة نضج الثمرة، وهو أمر غير مقبول كذلك لا تقبل الأكتاف البيضاء، وقمة الثمار البيضاء، إلا إذا كانت المساحة البيضاء تقل عن ١٠٪ من سطح الثمرة كما لا يجب أن تزيد أى اختلافات فى

اللون عن ١٠٪ من سطح الثمرة أما القمة الخضراء green tip التي تظهر في ثمار بعض الأصناف – مثل روزالندا – تحت ظروف بيئية معينة فإنها غير مقبولة. كذلك لا يعد اللون الداخلي الأبيض للثمار مقبولاً.

١٠– يفضل شكل الثمرة المخروطي، ويجب أن يكون شكل الثمار متجانس في العبوة الواحدة، ومطابقًا لشكل ثمرة الصنف. ويجب أن تكون الاختلافات في الشكل في العبوة الواحدة في حدود الاختلافات الطبيعية لشكل ثمار الصنف، وألا تتعدى الثمار المخالفة في الشكل نسبة ١٠٪ من ثمار العبوة بالعدد أو بالوزن.

١١– يجب ألا يزيد الفرق في القطر بين أصغر الثمار وأكبرها حجمًا في البنت الواحدة عن ١٠ ملليمترات.

١٢– يفضل طعم الثمار الجيد، وعادة يقل سعر الأصناف الفقيرة الطعم – مثل سلفا – عن سعر الأصناف الجيدة الطعم بنحو ٢٠٪–٣٠٪.

١٣– يحسن ألا تقل نسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية في الثمار عن ٧٪، ويفضل أن تتراوح بين ٨٪، و ٩٪.

١٤– يوصى بألا تزيد الحموضة المعايرة عن ٠,٨٪ كحد أقصى.

وقد تمكن Hetzroni وآخرون (١٩٩٤) من تطوير آلة إليكترونية يمكنها رصد المركبات المتطايرة التي تنطلق من ثمار الفراولة والاستجابة لها في أقل من ثانية واحدة، وهي بذلك يمكن أن تستخدم في مرحلة الفرز بعد الحصاد للتعرف على درجة نضج الثمار وجودتها، وكذلك استعمالها أثناء الفحص عند إجراء اختبارات التحكم في الجودة لرسائل الفراولة المصدرة.



الفصل الثامن

# الفاصوليا

## النضج

### أولاً: محصول القرون الخضراء

#### صفات الجودة

إن من أهم الصفات التى تقاس بها جودة محصول القرون الخضراء، ما يلى:

١- نسبة وزن البذور.

٢- الصلابة firmness.

٣- المقاومة للقطع resistence to shear.

٤- اللون.

٥- النضارة.

٦- نسبة الألياف.

٧- نسبة المواد الصلبة غير القابلة للذوبان فى الكحول.

٨- نسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية.

٩- نسبة فيتامين جـ.

١٠- الحموضة الكلية المعايرة.

هذا .. وتزداد نسبة المواد الصلبة غير القابلة للذوبان فى الكحول، والمواد الصلبة الكلية فى القرون مع تقدمها فى النمو، بينما تنخفض نسبة الرطوبة والمحتوى الكلوروفيلى (Martinez وآخرون ١٩٩٥).

#### موعد الحصاد

تكون حقول الفاصوليا الخضراء عادة جاهزة للحصاد بعد نحو ٥٠-٦٠ يومًا من

الزراعة بالنسبة للأصناف القصيرة، وبعد ذلك بنحو ١٠ أيام أخرى بالنسبة للأصناف الطويلة التي يستمر فيها الحصاد لفترة طويلة. وتكون بداية الحصاد عادة بعد نحو ١٢– ١٤ يومًا من تفتح الأزهار الأولى على النبات، علمًا بأنه يلزم في المتوسط نحو ٧–١٠ أيام من التلقيح لحين وصول القرون إلى مرحلة النضج المناسبة للحصاد

### علامات الصلاحية للحصاد

يكون حصاد محصول القرون الخضراء على أساس قطر القرون، وليس طولها. هذا وتختلف أقطار القرون بكل فئة من فئات الفاصوليا الخضراء، وهي الفائقة الرفع، والرفيعة جدًا، والرفيعة، والبوبي، والرومانو، والنجتوه.

وفي معظم دول العالم المتقدمة زراعيًا يتم حصاد القرون الخضراء البوبي آليًا، ويكون ذلك قبل اكتمال نمو القرون، وقبل أن تكبر البذور إلى الدرجة التي تؤدي إلى إنتفاخ مواضع البذور في القرن كما في حالة الحصاد اليدوي. وتعتبر مرحلة النمو التي تصل فيها البذور إلى ربع حجمها الطبيعي هي أفضل مرحلة للحصاد الآلي. وإذا تركت القرون بدون حصاد بعد بلوغها هذه المرحلة .. فإنها تكبر وتتليف وتقل نوعيتها بدرجة كبيرة، ويكون ذلك مصاحبًا بزيادة كبيرة في المحصول تبلغ حوالي ربع طن أو أكثر يوميًا وتكون الزيادة اليومية في حجم القرون أكبر بكثير في الجو الدافئ عما في الجو البارد. ونظرًا للتباين في موعد تفتح الأزهار في الحقل فمن المحتم ظهور تباين كبير في حجم القرون عند الحصاد ويعد أفضل موعد لإجراء الحصاد هو عندما يمكن الحصول على أكبر كمية، وأعلى نسبة من المحصول ذي الجودة العالية (Thompson & Kelly ١٩٥٧، و Lorenz & Maynard ١٩٨٠).

ويمكن تحديد الموعد المناسب للحصاد الآلي بتقدير نسبة البذور، ونسبة الألياف في القرون، وتتميز هذه الطريقة بدقتها إلا أنها لا تتبع عادة. والطريقة المتبعة لذلك — في الولايات المتحدة — هي بتدريج القرون حسب قطرها، وهي ما تعرف بطريقة sieve size نظرًا لاعتمادها على ما إذا كانت القرون يمكن أن تنفذ أو لا تنفذ من

مناخل ذات ثقوب معلومة الأقطار وتدرج الفاصوليا تبعًا لهذه الطريقة إلى الدرجات المبينة في جدول (٨–١). ويلاحظ من الجدول أن قطر القرن يختلف فى الدرجة الواحدة فيما بين الأصناف ذات القرون المستديرة المقطع، والأصناف ذات القرون المبططة. وبرغم أن المستهلك يربط بين القرون الصغيرة والنوعية الجيدة، إلا أن الأصناف ذات القرون الكبيرة بطبيعتها تكون نوعيتها جيدة حتى إذا كانت من قياس (sieve size) ٥، أو ٦.

جدول (٨–١): تدريج الفاصوليا الخضراء حسب سعة ثقوب المناخل التي يمكن أن تنفذ منها القرون (sieve size).

| القياس (أو الـ sieve size) | | قطر القرن (١/٦٤ من البوصة) | |
|---|---|---|---|
| | | القرون المستديرة | القرون المبططة |
| ١ | (U. S. No. 1) | أقل من ١٤,٥ | — |
| ٢ | (U. S. No. 1) | ١٤,٥ إلى أقل من ١٨,٥ | أقل من ١٤,٥ |
| ٣ | (U. S. No. 1) | ١٨,٥ إلى أقل من ٢١,٠ | ١٤,٥ إلى أقل من ١٨,٥ |
| ٤ | (U. S. No. 1) | ٢١,٠ إلى أقل من ٢٤,٠ | ١٨,٥ إلى أقل من ٢١,٠ |
| ٥ | (U. S. No. 2) | ٢٤,٠ إلى أقل من ٢٧,٠ | ٢١,٠ إلى أقل من ٢٤,٠ |
| ٦ | (U. S. No. 2) | ٢٧,٠ فاكثر | ٢٤,٠ فاكثر |

وتتخذ نسبة القرون من قياس ٤ أو أقل إلى القرون الأكبر من ذلك كأساس لتحديد الموعد المناسب للحصاد الآلى. ويجرى الحصاد عادة عندما تكون النسبة ٧٠ : ٣٠، أو ٦٥ : ٣٥، أو ٦٠ : ٤٠، ويجرى أحيانًا عندما تكون النسبة ٥٠ : ٥٠. وتتبع النسب الواسعة، مثل: ٧٠ : ٣٠، و ٦٥ : ٣٥ مع الأصناف ذات القرون الرفيعة، والنسب الضيقة مع الأصناف ذات القرون الكبيرة بطبيعتها كما تتبع النسب الواسعة فى الجو الحار الذى تزداد فيه نسبة الألياف فى القرون التى من قياسى ٥، و ٦ (Sandsted ١٩٦٦).

## ثانياً: محصول البذور الخضراء

إن من أهم علامات النضج لأجل الحصاد الآلى (مرة واحدة) فى أصناف الفاصوليا التى تؤكل فيها البذور الخضراء green-shelled beans ظهور أول قرن جاف على النبات، فحينئذٍ يمكن إجراء الحصاد بأمان مع الحصول على حوالى ٨٥٪ من محصول القرون الكلى المتوقع. ويؤدى تأخير الحصاد عن هذا الموعد إلى زيادة محصول القرون الكلى حتى يصل إلى ١٠٠٪ من المحصول المتوقع بعد نحو ٦٥–٧٠ يومًا من الزراعة، ولكن يصاحب ذلك ظهور نسبة عالية من القرون الصفراء، والجافة غير المرغوب فيها (Román-Hernández & Beaver ١٩٩٦).

**الحصاد**

## أولاً: محصول القرون الخضراء

يتراوح محصول الفدان من القرون الخضراء بين ٣، و٧ أطنان للفدان، ويتوقف ذلك على الصنف وميعاد الزراعة.

وبينما يجرى الحصاد الآلى مرة واحدة، فإن الحصاد اليدوى قد يستغرق من ١٥ يومًا فى الأصناف البوبى والرومانو فى الجو الدافئ إلى نحو ستة أسابيع عندما يكون الجو معتدلاً أو مائلاً للبرودة. وخاصة فى الأصناف الفائقة الرفع والرفيعة التى يؤدى استمرار حصاد قرونها وهى صغيرة إلى استمرارها فى النمو والإنتاج لفترة طويلة هذا . بينما قد يستمر الحصاد فى الأصناف المتسلقة لمدة ثلاثة أشهر.

لا تزيد – عادة – كمية المحصول من القرون الفائقة الرفع التى يمكن لعامل متمرس على عملية الحصاد جمعها عن ١٥ كجم فى اليوم، ولذا .. يتعين توفر عدد كافٍ من العمال خلال موسم الحصاد. ويلزم عادة حوالى ٦ عمال لحصاد الفدان الواحد يوميًا طوال موسم الحصاد الذى يستمر حوالى ٢٥ يومًا، أى أن محصولاً إجماليًا قدرة ٣٦٠٠ كجم/فدان سوف يتطلب ١٢٠ عاملاً على امتداد فترة الحصاد

## الحصاد اليدوي

إن من أهم الأمور التى يتعين مراعاتها عند الحصاد، ما يلى:

١- إجراء الحصاد فى الصباح الباكر بعد زوال الندى، أو فى المساء، والهدف من ذلك هو أن تكون درجة حرارة القرون منخفضة نسبيًا عند الحصاد، فلا يكون معدل التنفس فيها شديد الارتفاع، وذلك إلى حين تبريدها، كما يعمل الحصاد بعد زوال الندى على تجنب انتشار الأمراض.

٢- الحصاد كل يوم إلى يومين فى الأصناف الفائقة الرفع، وكل يومين إلى ثلاثة أيام فى الأصناف الرفيعة، وكل ثلاثة إلى سبعة أيام فى الأصناف اليوبى، وتكون الفترة الأقصر – من كل فئة صنفية – فى الجو الحار (٢٥-٣٠ْم)، والفترة الأطول فى الجو المعتدل (١٨-٢٠ْم)، والهدف من ذلك هو تجنب زيادة حجم القرون عما ينبغى للصنف، علمًا بأن معدل نموها يكون أسرع فى الجو الحار عما فى الجو البارد. وتجدر الإشارة إلى أن إطالة الفترة بين الجمعات عن الحدود المبينة أعلاه تعنى زيادة نسبة المحصول من الفئات ذات القرون الأسمك، مع زيادة احتمالات تليف القرون وزيادة طولها عما ينبغى للصنف.

٣- جمع القرون بجزء من العنق.

٤- لا يحتفظ بالقرون التى يتم حصادها فى اليدين، ولا يتم الضغط عليها، وإنما توضع مباشرة فى عبوات القطف.

٥- عدم وضع أى قرون غير صالحة للتسويق فى عبوات القطف.

٦- عدم حصاد أى قرون صغيرة أكثر مما ينبغى، وحصاد جميع القرون الصالحة للحصاد بالنبات قبل الانتقال إلى نبات جديد.

٧- نقل المحصول من عبوات القطف إلى عبوات الحقل بلطف حتى لا تجرح القرون، وتفضل أن تكون عبوات الحقل سعة ٥ كجم فقط.

٨- نقل عبوات الحقل سريعًا إلى محطة التعبئة، مع مراعاة تغطيتها أثناء تجميعها ونقلها لتجنب تعريضها لأشعة الشمس المباشرة؛ حتى لا ترتفع حرارتها ويزداد فيها معدل التنفس الطبيعى، ولخفض فقدانها للرطوبة.

## الحصاد الآلي

لا يجرى الحصاد الآلي إلا مع الأصناف المناسبة لذلك، التي تتميز بالعقد المركز خلال فترة زمنية قصيرة، وسهولة فصل القرون من النبات بآلة الحصاد. وتتراوح سرعة الحصاد الآلي – عادة – من ثلاثة أرباع فدان إلى فدان واحد في الساعة. ويعاب على الحصاد الآلي أنه يحدث أضرارًا كثيرة بجميع قرون النبات؛ مما يؤدى إلى زيادة سرعة فقدها للرطوبة (Hoffman ١٩٧١).

وقد جرت محاولات لإسقاط أوراق النباتات قبل الحصاد برشها بالإثيفون، بتركيزات تراوحت بين ٢٥٠ و ٤٠٠ جزء في المليون. وبرغم أن المعاملة أسقطت نسبة كبيرة من الأوراق إلا أنها تسببت أيضًا في نقص المحصول واصفرار بعض القرون، وسقوط بعضها. وقد كان الضرر أقل عند استعمال التركيزات المنخفضة، وعند تأخير المعاملة حتى قبل الحصاد بفترة قصيرة، كما كانت المعاملة أكثر فاعلية صيفًا عنها في الخريف (Palevitch ١٩٧٠).

تقوم آلة الحصاد بتجريد النبات من جميع القرون والأوراق، ولا تبقى إلا على السيقان، ويتم فصل القرون عن مختلف الأجزاء النباتية المختلطة بها أثناء المرور على أجزاء مختلفة من الآلة. وعلى الرغم من ذلك فإن المحصول الذى يصل إلى محطة التعبئة يكون مليئًا بشتى أنواع القرون غير الصالحة للاستهلاك، ذلك لأن آلة الحصاد لا يمكنها التمييز بين القرون الجيدة والقرون غير الصالحة، فضلاً عما يكون مختلطًا بالقرون من أجزاء السيقان. ولذا .. فإن الأمر يتطلب إجراء فرز لجميع القرون في محطة التعبئة. وهو أمر مكلف، بالإضافة إلى أن هذه العملية الإضافية تعنى مزيدًا من التداول للقرون التي تكون أصلاً مثخنة بالجروح من جراء عملية الحصاد الآلي.

إن الحصاد الآلي للفاصوليا يتسبب في إحداث جروح كثيرة بالقرون، الأمر الذى يؤدى إلى سرعة تلفها، ويجعل عملية الحصاد الآلي غير مناسبة لأجل الاستهلاك الطازج. وقد وجد أن معاملة القرون بالـ sodium dehydroacetate يؤخر التغيرات

اللونية فى القرون التى تنتج من عملية الحصاد الآلى. ولكن إلى جانب التجريح فإن المحصول يبقى فى الحقل لمدة تصل إلى خمس ساعات إلى حين امتلاء سيارات النقل (الذاتية التفريغ) التى يكون أبعادها – عادة ٢,٢ × ٢,٠ × ١٠م، مع تأخير يصل إلى ساعتين لحين التفريغ عند محطة التعبئة. ومع الخطوات الكثيرة التى تمر عليها القرون فى محطة التعبئة، وما يعقب ذلك من نقل إلى أسواق الجملة فى مدة تصل إلى ١٢-٢٤ ساعة على حرارة ٣-٦°م، وبقاء المحصول فيها على نفس المدى الحرارى لمدة يوم إلى ثلاثة أيام قبل نقله إلى أسواق البيع حيث يبقى فيها على حرارة ٥°م – وربما فى حرارة الغرفة – لحين بيعه فى خلال ٣-٤ أيام، أو عرضه للبيع السريع بأسعار منخفضة .. كل ذلك يجعل قرون الفاصوليا الخضراء فى حالة سيئة قبل أن تصل إلى يد المستهلك، وأوضح علامات التدهور تكون: الذبول وفقدان النضارة، وبهتان اللون، والتغيرات اللونية، كما أن محتوى القرون من حامض الأسكوربيك (فيتامين جـ) ينخفض بانتظام من بعد الحصاد حتى الاستهلاك (Shewfelt وآخرون ١٩٨٦).

وباختصار .. فإن آلة حصاد الفاصوليا يمكن أن تقوم بعمل ١٠٠ عامل بالإضافة إلى ملاحظيهم، مما يؤدى إلى خفض تكلفة الحصاد، ولكن مع حدوث بعض الانخفاض فى الجودة. وتصلح كثير من الأصناف للحصاد الآلى، وهى تتميز بالنضج المبكر وبتحمل القرون لمختلف مراحل الحصاد الآلى. تقوم تلك الآلات – وهى قد تكون بقدرة خط واحد أو عدة خطوط – بتجريد النباتات من القرون والأوراق تاركة وراءها السيقان فقط. ويلى ذلك مرور القرون وما يختلط بها من أوراق ومخلفات نباتية على عدة مراحل لأجل فصل القرون وحدها. ويلى ذلك – فى محطة التعبئة – فصل القرون الصغيرة جدًّا أو الزائدة النضج والمصابة بالأمراض يدويًّا (Boyette وآخرون ١٩٩٤).

## ثانياً: محصول البذور الخضراء

عند حصاد الفاصوليا التى تزرع لأجل بذورها الخضراء، فإن القرون تترك حتى يكتمل حجمها، ويكتمل تكوين بذورها، وتحصد قبل أن يبدأ جفاف القرون أو البذور.

## ثالثاً: محصول البذور الجافة

لا تزرع لأجل البذور الجافة سوى أصناف الفاصوليا القصيرة. يجرى الحصاد بعد جفاف أغلب القرون وقبل انشطار القرون السفلى، ويتم بقطع النباتات من تحت سطح التربة إما يدويًا أو آليًا، على أن يكون ذلك في الصباح الباكر أثناء وجود الندى على النباتات لتقليل انتثار البذور. وقد تترك النباتات في مكانها معرضة للشمس والهواء حتى تجف أو تنقل إلى أماكن خاصة لذلك وأنسب موعد لقطع النباتات هو عندما تتراوح نسبة الرطوبة في البذور من ١٦٪–٢٠٪ (Hawthorn & Pollard ١٩٥٤).

ويفيد التخلص من أوراق النبات في تسهيل إجراء عملية الحصاد الآلي، ويستخدم لذلك بعض التحضيرات، مثل Shed-A-Leaf الذي تعامل به النباتات، بمعدل ٨ لترات في ٦٠–١٢٠ لتر ماء للفدان. وأنسب موعد للمعاملة هو عندما يبدأ تغير لون الأوراق السفلى. وتتميز هذه المرحلة بأن فلقات بذور الأصناف ذات البذور البيضاء تصبح عاجية اللون، وأن ٨٠٪–٩٠٪ من بذور الأصناف من مجموعة الرد كدنى Red Kidney تصبح حمراء اللون ولا تفيد المعاملة إذا كانت الحرارة السائدة أقل من ١٦ °م، أو إذا كان من المتوقع هطول أمطار في خلال ست ساعات من المعاملة (Minges وآخرون ١٩٧١).

ومن المركبات الأخرى التي استخدمت لهذا الغرض .. مركب الإثيفون، وقد استخدم بتركيز ٦٠ جزءًا في المليون قبل موعد الحصاد الطبيعي – للصنف كاليفورنيا رد لايت California Red Light بأسبوع واحد. وأدت هذه المعاملة إلى إسقاط نحو ٩٠٪ من أوراق النبات دون أن تؤثر على المحصول. ولكن إجراءها مبكرًا قبل موعد الحصاد الطبيعي – بخمسة وعشرين يومًا – أدى إلى نقص المحصول بنسبة ٢٥٪، كما لم تكن المعاملة فعالة عندما أجريت في حرارة ١٠ °م حتى مع رفع التركيز المستعمل إلى ٢٣٥ جزءًا في المليون.

واستخدمت كذلك – لأجل إسقاط أوراق النباتات قبل الحصاد – بعض مبيدات الحشائش، مثل الداينوسب Dinoseb، والإندوثال Endothall، والديكوات Diquat وتجرى المعاملة بهذه المركبات بعد نضج معظم البذور، وبعد آخر رية بفترة كافية على

أن يكون الحصاد بعد الرش بنحو ٥–١٠ أيام ويؤدى الرش قبل الحصاد بفترة طويلة إلى انتثار بعض البذور، كما قد يؤدى الرش عند وجود نسبة عالية من الرطوبة فى التربة إلى ظهور نموات خضرية جديدة قبل الحصاد (Whitesides ١٩٨١).

## التنفس وإنتاج الإثيلين

يتباين معدل تنفس قرون الفاصوليا حسب كلا من درجة الحرارة وطراز الفاصوليا، كما يلى:

| الحرارة (°م) | معدل التنفس (بالمليلتر ثانى أكسيد كربون/كجم فى الساعة) فى كل من | |
|---|---|---|
| | الفاصوليا الخضراء العادية | الفاصوليا الخضراء الطويلة الرفيعة |
| صفر | ١٠ | ٢٠ |
| ٥ | ١٧ | ٢٣ |
| ١٠ | ٢٩ | ٤٦ |
| ١٥ | ٤٦ | ١٠١ |
| ٢٠ | ٦٥ | ١١٠ |

وتنتج قرون الفاصوليا الخضراء الإثيلين بمعدل ٠,٠٥ ميكروليتر/كجم فى الساعة على ٥°م.

ويؤدى تعرض القرون لمصدر خارجى من الإثيلين وهى فى حرارة التخزين الموصى بها إلى فقدها للونها الأخضر وتلونها بالبنى. ويؤدى تعرضها للإثيلين بتركيز يزيد عن ٠,١ جزءًا فى المليون إلى تقصير فترة صلاحيتها للتخزين بنسبة ٣٠٪–٥٠٪ على ٥°م (Cantwell & Suslow ٢٠٠٧).

## التداول

تجرى مختلف عمليات التداول فى محطات التعبئة التى يجب أن ينقل إليها المحصول سريعًا بعد الحصاد، ولكن يوصى بإجراء التعبئة فى الحقل لمحصول الفاصوليا الفائق الرفع، والرفيع جدًا، والرفيع، لكى يقتصر تداوله على مرة واحدة قبل تبريده

أوليًا. وفى هذه الحالة، يتم جمع المحصول، وفرزه، وتعبئته فى عبوات التصدير فى عملية واحدة

## الفرز

يجرى فرز الفاصوليا الخضراء إما يدويًا، وإما آليًا. ويعد تقسيم الفاصوليا إلى رتب تجارية مختلفة من بين عمليات التداول الهامة وقد سبقت الإشارة إلى التقسيم المستخدم فى الولايات المتحدة بنظام الـ sieve size.

### الفرز اليدوى

يجرى الفرز فى محطات التعبئة – أثناء التعبئة – وذلك باستبعاد القرون الصغيرة جدًا، والزائدة النضج، والمصابة بالأمراض والآفات والمشوهة، والمجروحة، والذابلة، وغير الممثلة للصنف، والخشنة الملمس، والمختلفة اللون ... إلخ.

ويراعى دائمًا توحيد قطر الثمار فى العبوة الواحدة

### الفرز الآلى

يجرى الفرز الآلى فى محطات التعبئة، حيث تمر قرون الفاصوليا التى تم حصادها آليًا على آلات تقوم بإزالة الأوراق والبقايا النباتية الأخرى، ثم تمر على سير متحرك لاستبعاد القرون غير الصالحة للتسويق، وما يبقى من أجزاء نباتية يدويًا.

### وتكون تفاصيل عمليات الفرز الآلى، كما يلى:

١– التفريغ على سير متحرك offloading conveyor belt

٢– المرور على جزء لفصل القرون عن كتل التربة، والحجارة، وغيرها من الأجزاء الصلبة المختلطة بالقرون، وهو الجزء الذى يعرف باسم gravity separator نظرًا لاعتماده فى الفصل على خاصية الجاذبية الأرضية

٣– المرور على جزء لفصل القرون عن الأوراق، وأجزاء السيقان، والأجزاء الأخرى

الصغيرة المختلطة بالقرون بواسطة تيار قوى من الهواء، وهو الجزء الذى يعرف باسم trash elemınator.

٤- المرور على برميل دوّار للتخلص من القرون الصغيرة من خلال فتحات، ويعرف هذا الجزء باسم pin-bean eliminator.

٥- المرور على برميل دوّار ذات انخفاضات ضحلة فنجانية الشكل للتخلص من القرون المكسورة، وهو الجزء الذى يعرف باسم broken-bean eliminator

٦- تمر القرون بعد ذلك على مناضد هزازة vibrating tables للتخلص من بقية الشوائب.

٧- يلى ذلك مرور القرون على سيور هزازة حيث تتعرض للغسيل بالماء vibrating washer، للتخلص من التربة العالقة بالقرون، وكذلك التخلص من جزء من حرارة الحقل

٨- يعقب ذلك مرور القرون على مناضد لأجل فرزها يدويًّا grading tables، حيث تزال القرون الزائدة النضج، والمتعفنة، والمشوهة ... إلخ.

٩- تمر القرون بعد ذلك بالإهتزاز إلى كراتين التعبئة المشمعة، حيث توزن، ثم تغلق آليًّا، ويعرف هذا الجزء باسم carousel-type automatic box filler.

١٠- التبريد cooling بالدفع الجبرى للهواء، ثم التخزين البارد لحين الشحن.

## التعبئة

### التعبئة للتسويق المحلى

يفضل تعبئة الفاصوليا — لأجل التسويق المحلى — فى صناديق بلاستيكية، أو فى أقفاص الجريد المبطنة بالكرتون المضلع المثقب، مع تجنب استعمال أجولة الجوت أو البولى بروبلين، ذلك لأنها تزيد كثيرًا من نسبة الجروح والأضرار الميكانيكية التى تحدث بالقرون، فضلاً عن أنها لا تسمح بالتهوية الجيدة، وترفع كثيرًا من الرطوبة النسبية داخل العبوة؛ مما يؤدى — مع غياب التبريد فى حالات التسويق المحلى — إلى زيادة أعفان القرون.

ويراعى أن تكون العبوات ممتلئة، ولكن دون كبس أو ضغط وألا يزيد مستوى القـرون فى العبوة عن ارتفاع العبوة ذاتها، لكى لا يحدث ضغط على القرون عند وضـع العبـوات فوق بعضها البعض

### التعبئة والتصدير

تعبأ الفاصوليا لأجل التصدير فى عبوات كرتـون مضلع مشمع سـعة ٣ أو ٥ كجـم، تكون أبعادها ٣٠ × ٢٠ × ١٢٫٥ سم، أو ٤٥ × ٣٠ × ١٢٫٥ سـم، علـى التـوالى، وبهـا فتحات طولية جانبية للتهوية لا تقل نسبتها عن ٥٪ من السطح الخـارجى للعبـوة لكـى تكون التهوية جيدة، ولا تزيد عن ٧٪ لكى لا تتأثر متانتها

يتم اختيار القرون الصالحة للتصدير بعناية، وتعبأ بطريقـة منتظمـة، بحيـث توضـع القرون فى العبوة فى صفين أو ثلاثة، مع توحيد اتجاه أعناق القرون فى كل صف منهم. ويفيد تبطين عبوات الكرتون بورق السوليفان فى تقليل فقد الرطوبة من القرون.

كما يمكن التعبئة فى عبوات المستهلك، وهى عبارة عـن أكيـاس مـن ورق الـسوليفان المثقب تتسع لنحـو ٢٥٠، أو ٥٠٠ جم مـن القـرون، ثم توضـع هـذه العبـوات داخـل الصناديق الكرتونية

## التبريد الأوّلى

### الهدف من التبريد الأوّلى

يجرى التبريد الأوّلى precooling فى خلال ساعتين مـن الحـصاد أو ثـلاث سـاعات كحدٍ أقصى، حيث تؤدى سرعة التبريد إلى:

١– إبطاء معدل تنفس القرون

٢– خفض الفقد الرطوبى من القرون.

٣– تقليل نشاط الكائنات المسببة للأعفان.

٤– منع تلون أطراف القرون باللون البنى.

٥– المحافظة على نضارة القرون.

هذا وتفقد القرون حوالى ٢٪ من رطوبتها فى خلال ساعة واحدة من الحصاد، وترتفع هذه النسبة إلى حوالى ٣٪ فى خلال ساعتين إضافيتين، ولكن نسبة الفقد تزيد إلى حوالى ١٠٪ إذا تأخر التبريد الأوّلى إلى خمس ساعات بعد الحصاد.

## طرق التبريد الأوّلى

لا يمكن الاعتماد على غرف التخزين البارد فى تبريد الفاصوليا إلى الدرجة المطلوبة؛ لأن التبريد فيها يكون بطيئًا وقد يستغرق أكثر من ١٦ ساعة، ويقتصر دور المخازن المبردة على المحافظة على برودة المحصول المخزن والذى سبق تبريده أوليًّا.

ويجرى التبريد الأوّلى فى الفاصوليا إما بالماء البارد hydrocooling، وإما بالدفع الجبرى للهواء البارد forced-air cooling.

## التبريد الأوّلى بالماء البارد

يعتبر التبريد الأوّلى بالماء البارد hydrocooling أفضل وسيلة لتبريد الفاصوليا نظرًا لأن الماء يعد أسرع وسيلة لانتقال الحرارة؛ وبذا .. يمكن تبريد كميات كبيرة من المحصول خلال فترة زمنية قصيرة. كما أن هذه الطريقة تحد من الفقد الرطوبى أو تمنعه أثناء التبريد.

لكن لا يفضل التبريد بتلك الطريقة إلا إذا كانت هناك ضرورة ملحة لذلك، ذلك لأن عملية النقع فى الماء تساعد على انتشار مسببات الأمراض، كما توفر الرطوبة الحرة بيئة مناسبة لنموها وإذا ما استعمل الماء المكلور فإنه يجب أن يكون بتركيز ٥٥–٧٠ جزءًا فى المليون من الكلورين الحر عند pH = ٧، مع خلو الماء من العوالق العضوية. أما عند ارتفاع الـ pH عن ذلك فإنه يحسن زيادة تركيز الكلورين الحر إلى ١٥٠ جزءًا فى المليون، مع ضبط التركيز إليكترونيًّا على فترات متقاربة. ويتعين غسيل القرون بالماء أولاً لأجل التخلص من الأتربة والمخلفات العضوية التى تقلل من فاعلية الكلورين. وقبل البدء فى تركيب أجهزة الغسيل بالماء المكلور يتعين التخطيط للوسيلة التى سيتم عن طريقها التخلص من ماء التطهير بأمان (Boyette وآخرون ١٩٩٤).

ويجرى التبريد إما بمرور القرون على سير متحرك يتعرض "لدش" قوى من الماء البارد، وإما بغمرها فى قناة flume أو خزان tank ممتلئان بالماء البارد.

ويعد تبريد الفاصوليا أوليًا بغمرها فى قناة ممتلئة بالماء البارد طريقة حديثة نسبيًا، وفيها تغمر القرون المفروزة والدرجة مباشرة فى قناة طويلة تحتوى على ماء مضاف إليه الكلور (مكلور) على حرارة ١-٣°م، حيث يمكن خفض حرارة المنتج بصورة متجانسة من ٣٠°م إلى ٧°م فى خلال حوالى ٦ دقائق. ويفيد التبريد السريع فى منع حدوث التلون البنى فى أطراف القرون

ومن أهم عيوب التبريد بهذه الطريقة ابتلال القرون، وهو ما يمكن أن يتسبب فى خسائر كبيرة – بسبب الأعفان – إذا ما سمح للمحصول بأن يدفأ من جديد بعد تبريده أوليًا، أو إذا ما لم يكن الماء مكلورًا بصورة جيدة وتجدر الإشارة إلى أن القرون الدافئة المبتلة تكون شديدة القابلية للإصابة بعدد من الأعفان، مثل أعفان البثيم *Pythium*، والريزوبس *Rhizopus*، والعفن الرمادى الذى يسببه الفطر *Botrytis cinerea*، والعفن المائى الطرى الذى يسببه الفطر *Sclerotinia* ولذا . لا يجب إجراء التبريد الأولى بالماء البارد ما لم تتوفر مخازن باردة كافية لاستمرار التبريد بعد ذلك.

وعلى الرغم من أن جدر قرون الفاصوليا توفر لها حماية جيدة ضد الإصابات المرضية، إلا أن الكائنات المرضة يمكن أن تصيبها من خلال الجروح، والخدوش، والأعناق. وتزداد احتمالات الإصابات المرضية كلما كثرت الجروح وازداد تعمقها فى القرن، وكلما ازدادت فترة الغمر فى الماء، وارتفعت حرارته.

**ومن أهم ما يجب مراعاته لأجل نجاح عملية الكلورة، ما يلى:**

١– ضرورة استمرار معاينة تركيز الكلور فى ماء التبريد باستعمال أوراق الاختبار الخاصة بذلك، أو بالأجهزة الإليكترونية.

٢– تجنب زيادة فترة بقاء المحصول فى الماء المكلور عما ينبغى.

٣- تغيير الماء كلما دعت الضرورة نظرًا لأن كفاءة الكلورة تنخفض كثيرًا كلما كثرت الشوائب في ماء التبريد ولذا يفضل إذا كان المحصول مُتربًا أن يغسل بالماء النظيف أولاً قبل أن يبرد أوليًا بالماء المكلور.

٤- ضرورة التخلص من الماء المكلور بطريقة آمنة لا تضر بالصحة العامة (عن جامعة ولاية نورث كارولينا — الخدمات الإرشادية بالإنترنت، تحت عنوان: Postharvest cooling and handling of grean beans and field peas، إعداد: M. D. Boyette وآخرون ٢٠٠٠).

يعاب على هذه الطريقة في التبريد الأوّلى أنها تؤدى إلى زيادة الإصابة بالعيب الفسيولوجى الذى يعرف باسم الاحمرار الصدئ russeting بعد إخراج الفاصوليا من المخازن (Redit & Hamer ١٩٦١). وهو يشبه إلى حد كبير أعراض الإصابة بلفحة الشمس (Ramsey & Wiant ١٩٤١).

## التبريد الأوّلى بالدفع الجبرى للهواء

إن أفضل وسيلة لإجراء التبريد الأوّلى هى طريقة الدفع الجبرى للهواء، وتجرى برص الكراتين وهى فى بالتات — فى صفين متقابلين أمام مروحة شفط على أن يفصل بينهما مسافة ١,٥م تقريبًا ترص باليتات الكراتين بحيث تكون الفتحات الجانبية للكراتين متقابلة بين داخل النفق — الذى يفصل بين صفى البالتات — وخارجه يغطى النفق ببلاستيك ثقيل من أعلى ومن الجانب المفتوح المقابل لروحة الشفط. يؤدى تشغيل المروحة إلى توليد فرق ضغط فى الهواء بين داخل النفق وخارجه؛ مما يؤدى إلى اندفاع الهواء البارد — من خلال فتحات التهوية فى الكراتين — من خارج النفق إلى داخله، ثم ليسحب إلى خارج النفق مرة أخرى بواسطة مروحة الشفط ... إلخ.

يجب أن يكون الهدف من التبريد المبدئى هو التخلص من حوالى ٩٠٪ من حرارة الحقل فى خلال ساعة واحدة إلى ساعتين من بداية التبريد.

**وتتأثر كفاءة التبريد الأوّلى بالدفع الجبرى للهواء بالعوامل التالية:**

١– فتحات التهوية vent holes في العبوات والتى يجب ألا تقل مساحتها عن ٥٪ من مساحة السطح الخارجى للعبوة

٢– ضرورة أن تكون الفتحات فى مواجهة النفق وخارجه.

٣– ضرورة عدم تواجد ممرات للهواء بين العبوات أو البالتات، أو تحت البالتات، حيث إن تواجدها يمكن أن يتسبب فى زيادة فترة التبريد الأوّلى بنسبة تصل إلى ٤٠٪.

٤– ضرورة عدم زيادة طول النفق عن ست بالتات لتجنب الاختلافات الكبيره فى ضغط الهواء بين أول النفق وآخره.

## المعاملة بالـ 1-MCP

أدت معاملة الفاصوليا الخضراء بال 1-MCP بمعدل ٠,٥ ميكروليتر/لتر قبل تخزينها على ٧°م إلى تأخير التغير اللونى، وتكون البقع البنية، وإلى خفض معدل التنفس؛ إلا أن إنتاج القرون للإثيلين ازداد فى مرحلة متأخرة من التخزين استجابة لمعاملة الـ 1-MCP لقد أخرت المعاملة ظهور البقع البنية – التى هى أحد أعراض التعرض للحرارة المنخفضة – بنحو خمسة أيام. كذلك قل تكون المساحات المائية المظهر بنسبة ٥٠٪ فى القرون التى سبقت معاملتها. ويعنى ذلك أن المعاملة بالـ 1-MCP قللت من أعراض الشيخوخة والبرودة فى الفاصوليا الخضراء خلال فترة التخزين الطويلة، مما يدل على وجود دور للإثيلين المنتج داخليًا بالقرون (وهى غير كلايمكتيرية) فى شيخوختها (Cho وآخرون ٢٠٠٨).

# التخزين

## التخزين البارد العادى

تحتفظ قرون الفاصوليا الخضراء بنضارتها لمدة أسبوع إذا خزنت فى ٦–٧°م، ورطوبة نسبية حوالى ٩٥٪–١٠٠٪، حيث يمكن تخزينها لمدة ٨–١٢ يومًا بحالة جيدة هذا إلا أن بقاء الفاصوليا على ٥°م لمدة ٧–٨ أيام قد يعرضها للإصابة بأضرار البرودة

وإذا خزنت القرون فى حرارة ٤°م، أو أقل – لمدة ثلاثة أيام أو أكثر – فإنها تتعرض للإصابة بأضرار البرودة على صورة نقر سطحية، وظهور لون أحمر صدئ، وهى التى تكون – كذلك – شديدة الحساسية للإصابة بالفطريات المرضية، مع زيادة فى معدل تنفس القرون. وتشاهد هذه الأضرار بعد إخراج القرون من المخزن المبرد بيوم أو يومين وتزداد حدة الاحمرار عند وجود رطوبة حرة على القرون، وهو ما يشاهد وسط العبوات حيث يتكثف بخار الماء عادة.

ولا ينصح بإضافة الثلج المجروش لعبوات الفاصوليا إذا كان من المتوقع أن تبقى فى درجة حرارة عالية بعد إخراجها من المخزن.

ومن الممكن حفظ الفاصوليا الخضراء بحالة جيدة لمدة يومين فقط على ١°م، ولمدة أربعة أيام على ٢,٥°م، ولمدة ٨–١٠ أيام على ٥°م قبل أن تظهر عليها أضرار البرودة، وذلك إذا استعملت الفاصوليا بعد انتهاء مدة التخزين مباشرة، وهو ما يحدث مثلاً عند التخزين المؤقت للمحصول المعد للتصنيع.

وأيًا كانت درجة حرارة التخزين .. فإنه يجب الاهتمام بتوفير تهوية جيدة فى المخازن حتى لا ترتفع درجة الحرارة فى مركز العبوات، ويزداد فيها العفن (Lutz & Hardenburg ١٩٦٨).

هذا .. وتوجد اختلافات معنوية بين أصناف الفاصوليا فى مدى حساسيتها لأضرار البرودة (Watada & Morris ١٩٦٦ ب).

ويعد فقد الرطوبة أحد أهم مشاكل ما بعد حصاد الفاصوليا الخضراء؛ حيث يؤدى فقد القرون لـ ٥٪ من وزنها إلى ذبولها وطراوتها، وتصبح غير صالحة للتسويق بعد فقدها لنحو ١٠٪–١٢٪ من وزنها.

**ويمكن تقدير الفقد الرطوبى للفاصوليا بالمعادلة التالية:**

النسبة المئوية للفقد فى أى يوم = ٠,٧٥٤ × الفرق فى ضغط بخار الماء.

هذا مع إمكان الحصول على قيمة الفرق فى ضغط بخار الماء من اللوحة السيكرومترية psychrometric chart إذا ما عُلمت درجة الحرارة والرطوبة النسبية

ويزيد الفقد فى الوزن فى القرون الصغيرة عما فى تلك الأكثر تقدمًا فى التكوين.

وتحدث أضرار التجمد لدى تعرض الفاصوليا لحرارة –٠,٧°م أو أقل وتكون على صورة مساحات مائية المظهر بالقرون (Cantwell & Suslow ٢٠٠٧).

## التخزين فى الهواء المتحكم فى مكوناته

أمكن حفظ قرون الفاصوليا بحالة نضرة، ومنع حدوث أى تلون فى مواضع الأضرار الميكانيكية بها لمدة ثلاثة أسابيع بتخزينها فى جو يحتوى على ٣٪ أكسجين مع ٨٪–١٨٪ ثانى أكسيد كربون على حرارة ٤–٨°م، وذلك حسب درجة حرارة التخزين (٨٪ $CO_2$ على ٤°م، و ١٨٪ على ٨°م) وقد أحدث ثانى أكسيد الكربون بتركيزات أعلى من ٢٠٪ أضرارًا شديدة بالقرون ظهرت على صورة تحلل، وكان أعلى مستوى من ثانى أكسيد الكربون تحملته القرون على ١°م هو ٨٪، بينما أحدث تركيز ١٨٪ أضرارًا على ٤°م، ولم يحدثها على ٨°م (Costa وآخرون ١٩٩٤).

ويوصى Saltveit (١٩٩٧) بأن يكون تخزين الفاصوليا الخضراء على حرارة ٨°م (بمدى من ٥ إلى ١٠°م) فى هواء يحتوى على ٢٪–٣٪ أكسجين، و ٤٪–٧٪ ثانى أكسيد الكربون.

ويؤدى تخزين الفاصوليا الخضراء فى ٢٪–٥٪ أكسجين إلى خفض معدل تنفسها وتتحمل الفاصوليا تركيزات من ثانى أكسيد الكربون تتراوح بين ٣٪، و ١٠٪ وتستفيد منها وتعد الفائدة الرئيسية لذلك المحافظة على اللون الأخضر وإبطاء التغيرات اللونية فى الأجزاء المضارة من القرون (Cantwell & Suslow ٢٠٠٧).

وأمكن تخزين الفاصوليا الخضراء بحالة جيدة لمدة ٣ أسابيع على ٤°م فى وجو ٢٪ أكسجين، و ٦٪ ثانى أكسيد كربون ويمكن بدلاً من ذلك وضع الفاصوليا فى عبوات

معدلة للجو، حيث يؤدى تنفس القرون إلى رفع نسبة ثانى أكسيد الكربون داخل العبوات أو البالتات. ويفيد هذا الإجراء – كذلك – فى المحافظة على رطوبة نسبية مرتفعة حول القرون.

كذلك أمكن تخزين القرون الخضراء بحالة جيدة فى الهواء على حرارة ٨°م لمدة ١٨ يومًا، وزادت تلك الفترة إلى ٢٢ يومًا عندما كان التخزين فى هواء يحتوى على ١٪ $O_2$، و ٣٪ $CO_2$ (Cano وآخرون ١٩٩٧، و Monreal وآخرون ١٩٩٨). وقد كانت تلك الظروف – مقارنة بعدد من المعاملات الأخرى – هى الأفضل – كذلك – للمحافظة على أعلى مستوى من حامض الأسكوربيك فى القرون، كما لم يحدث معها أية تغيرات معنوية فى محتوى القرون من فيتامينات B القابلة للذوبان فى الماء: $B_1$، و $B_2$، و $B_6$ (Camara وآخرون ١٩٧٧، و Torija-Isasa وآخرون ١٩٩٨).

ومن المعتقد أن بقاء مستوى الأكسجين أقل من ٥٪، وثانى أكسيد الكربون أعلى عن ٧٪ يؤدى – على المدى الطويل – إلى تكوين طعم غير مرغوب فى قرون الفاصوليا (عن Lougheed ١٩٨٧).

وقد ازداد نشاط إنزيما البيروكسيديز peroxidase والبولى فينول أكسيديز polyphenol oxidase تدريجيًّا فى قرون الفاصوليا المخزنة فى الهواء وفى الجو المتحكم فى مكوناته (١٪ $O_2$، و ٣٪ $CO_2$) على ٨°م. وأدى نقل القرون إلى ٢٠°م إلى زيادة نشاط الإنزيمين فى كل المعاملات التى كانت مخزنة فى حرارة منخفضة، وخاصة فى تلك التى كانت فى مستوى منخفض من الأكسجين (Monreal وآخرون ١٩٩٨).

## التخزين فى الجو المعدل

أمكن تخزين أربعة أصناف من الفاصوليا (دربى Derby، وبرونكو Bronco، وهياليه Hialeah، وبروسبرتى Prosperity) فى أكياس من أغشية البوليوليفين polyolefin بصورة جيدة لمدة ثلاثة أسابيع على حرارة ٥°م، ولكن ظهرت أضرار البرودة على صنف خامس (G 91) بعد أسبوع واحد من التخزين على ٧°م. وقد توازن تركيب الهواء داخل

الأكياس واستقر في جميع الأصناف عند حوالى ٤٪ $CO_2$، و ٥٪ $O_2$ هذا إلا أن الأصناف اختلفت فى مدى التغيرات اللونية التى حدثت بها، وكان أفضلها بروسبرتى، وهياليه وكان الفقد فى الوزن بعد ٢١ يومًا من التخزين أقل من ٣٪ فى جميع الأصناف (Mekwatanakarn & Richardson ١٩٩٧).

## أهمية التخلص من الإثيلين

يجب عدم تخزين الفاصوليا مع المنتجات الأخرى المنتجة للإثيلين، مثل الكنتالوب، وذلك بسبب حساسية الفاصوليا للإثيلين الذى يؤدى إلى سرعة اصفرار القرون، كما لا يجب تخزين الفاصوليا مع البصل الأخضر أو الفلفل لأنها يمكن أن تكتسب الرائحة منهما، وكذلك من كافة المنتجات الأخرى التى تنبعث منها روائح مميزة

وقد أدى خفض تركيز الإثيلين فى الهواء المحيط بالقرون المخزنة حتى ٠,٠٠٥ ميكروليتر/لتر إلى مضاعفة فترة احتفاظها بجودتها أيًا كانت حرارة التخزين، وذلك مقارنة ببقاء الإثيلين عند تركيز ٠,١–١,٠ ميكروليتر/لتر، علمًا بأن تركيز الغاز الموجود طبيعيًا فى هواء محلات البيع (السوبر ماركت) التجارية يتراوح – عادة – بين ٠,١٧، و ١,١٧ ميكروليتر/لتر (Wills & Kim ١٩٩٦).

### تنفس القرون أثناء التخزين

وجد Watada & Morris (١٩٦٦أ) أن فترة احتفاظ قرون الفاصوليا بجودتها بعد الحصاد كانت أطول ما يمكن فى حرارة ٥°م. وقد تساوى إجمالى تنفس القرون (ثانى أكسيد الكربون المنتج المتراكم) طوال فترة التخزين المناسبة (التى استمرت خلالها القرون محتفظة بجودتها) سواء أكان التخزين على ٥°م، أم على حرارة أعلى من ذلك وأمكن تخزين قرون الفاصوليا من صنف تندركروب Tendercrop على حرارة ٠,٥°م لمدة يومين، وحرارة ٢,٥°م لمدة ٤ أيام، وحرارة ٥°م لمدة ١٢ يومًا، وذلك قبل أن تتعرض للإصابة

بأضرار البرودة، علمًا بأن نقل الفاصوليا من الحرارة الشديد الانخفاض إلى حرارة أعلى أسرع من ظهور أضرار البرودة، وتحفيز معدل تنفس القرون.

ونجد فى معظم الثمار التى تحدث بها ظاهرة الكلايمكتيرك التنفسى أن البذور والأنسجة الثمرية تكمل نموها فى آن واحد، بينما نجد فى الفاصوليا أن البذور لا تبدأ فى الزيادة فى الحجم إلا بعد أن يكمل البيريكارب معظم نموه. وقد لاحظ Watada & Morris (١٩٦٧) أن القرن الكامل أظهر كلايمكترك تنفسى، نتج عنه زيادة فى إنتاج ثانى أكسيد الكربون بواسطة البذور النامية، أعقبها نقص بادٍ فى معدل إنتاج الغاز بواسطة نسيج البيريكارب، ولكن لم تصاحب ذلك زيادة فى معدل إنتاج الإثيلين؛ مما يعنى أن الكلايمكترك التنفسى الظاهرى الذى لوحظ لا يقارن بالظاهرة المعروفة فى الثمار الناضجة.

## التغيرات المصاحبة للتخزين

إن أهم صفات الجودة فى قرون الفاصوليا، والتى يمكن أن تحدث فيها تغيرات بعد الحصاد وأثناء التخزين، ما يلى:

١- اللون:

يتغير اللون تدريجيًا من الأخضر البراق إلى الأخضر المصفر غير المقبول. لا يحدث هذا التغير فى لون القرون عند تخزينها فى أكياس من البوليثيلين ذى الكثافة المنخفضة على ٥°م لمدة ١٦ يومًا، ولكنه يحدث بعد ٥ أيام فقط من التخزين على ١٠°م (Trail وآخرون ١٩٩٢).

٢- الفقد الرطوبى، وما يترتب عليه من فقد فى نضارة القرون وخاصية انقصافها بسهولة crispness، مع ذبولها.

٣- التلون البنى:

تتعرض قرون الفاصوليا أثناء حصادها آليًا وتداولها — بالجملة — بعد ذلك إلى التقطيع والإصابة بالخدوش. وهذه الأسطح المقطوعة والمخدوشة سرعان ما تتلون باللون

البنى خلال ثمانى ساعات أثناء نقلها إلى مصانع التعليب أو التجميد، أو إذا لم تبرد سريعًا قبل تصنيعها، مما يجعلها غير مقبولة للتصنيع ويرتبط ذلك التلون البنى بصورة مباشرة بزيادة أكسدة المركبات الفينولية بواسطة إنزيم الكاتيكوليز catecholase (Buescher وآخرون ١٩٧٤).

وقد أدت زيادة تركيز غاز ثانى أكسيد الكربون فى الهواء المحيط بالقرون إلى ٣٠٪ إلى منع حدوث التلون البنى بأطراف القرون، ولكن ذلك لم يؤثر فى نشاط إنزيم الكاتيكوليز

كذلك وجدت اختلافات معنوية بين أصناف الفاصوليا فى سرعة تلون الأجزاء المقطوعة والمخدوشة من القرون باللون البنى، وكان من أقلها تلونًا بلوكروب Bluecrop، و NCX8005، ومن أشدها تلونًا بروفيدر Provider، و GP72-122، وكانت ظاهرة التلون البنى مرتبطة بزيادة مستوى المركبات الفينولية بعد حدوث الأضرار الميكانيكية أيًّا ما كان مستوى نشاط الفينوليز Phenolase، والبيروكسيديز peroxidase (Henderson وآخرون ١٩٧٧)

كذلك أمكن منع حدوث التلون البنى بالأجزاء المكسورة من القرون بمعاملة القرون قبل تخزينها بثانى أكسيد الكبريت $SO_2$ بتركيز ٧٥٠٠ إلى ١٠٠٠٠ جزء فى المليون لمدة ٣٠ ثانية، أو بتخزينها فى هواء يحتوى على ٢٠٪ أو ٣٠٪ ثانى أكسيد الكربون لمدة ٢٤ ساعة قبل تصنيعها. هذا علمًا بأن خصائص الجودة فى المنتج المصنع (اللون، والقوام، والطعم) لم تتأثر بتلك المعاملات ولم يكن للتركيز العالى لثانى أكسيد الكربون أية تأثيرات سلبية على طعم الفاصوليا ما لم تقل نسبة الأكسجين عن ١٠٪ (Henderson & Buescher ١٩٧٧).

إن زيادة تركيز غاز ثانى أكسيد الكربون فى هواء المخزن – مع التخزين لمدة ٢٤ ساعة على ٢٧ْم – ساعد على نقص تلون الأطراف المقطوعة للقرون، وازداد تحسن الحالة مع زيادة تركيز الغاز حتى ٣٠٪ وقد أرجع النقص فى التلون البنى لأطراف

القرون إلى ضعف نشاط إنزيم الفينوليز ونقص المحتوى الفينولى وبالمقارنة بالكنترول، فإن وضع القرون فى الجو الغنى بثانى أكسيد الكربون أدى إلى تحسين اللون والطعم، وانخفاض امتراء نسيج البشرة فى المنتج المعلب، بينما لم يتأثر قوام المنتج بمعاملة التخزين، ولم يترتب عليها أية تأثيرات ضارة. وقد أجريت هذه الدراسة فى نظام متدفق flowing system للتخزين لا يسمح بتراكم المركبات التى تكسب الفاصوليا طعمًا غير مرغوب فيه، كما كانت نسبة الأكسجين ١٦٪، وهى ظروف يصعب توفيرها على نطاق تجارى (Bueschner & Henderson ١٩٧٧، و Lougheed ١٩٨٧).

ويوصى Saltveit (١٩٧٧) بأن يكون تخزين الفاصوليا التى تنتظر دورها فى التصنيع فى حرارة ٨°م (بمدى من ٥–١٠°م) فى هواء يحتوى على ٨٪–١٠٪ أكسجين، و ٢٠٪–٣٠٪ ثانى أكسيد الكربون.

وحتى بالنسبة للفاصوليا الطازجة السابقة التجهيز – بالتقطيع (pre-cut) والتقصيف (pre-snapped) – فإنها تحتفظ بجودتها بشكل جيد عند حفظها فى أكياس محكمة الإغلاق من البوليثيلين غير المثقب، ويرجع ذلك إلى تراكم غاز ثانى أكسيد الكربون داخل الأكياس نتيجة لتنفس القرون، وكان ذلك كافيًا لمنع التدهور فى اللون، والطعم، والقوام وغيرها من صفات الجودة خلال ١٤ يومًا من التخزين (Buescher & Adams ١٩٧٩).

وبالنظر إلى أن المحصول السابق التجهيز يتعرض للتلف والتدهور السريعين؛ فإنه يتعين أن تكون جميع عمليات التداول متكاملة، ويتضمن ذلك قصر التجهيز المسبق على المحصول الطازج ذى النوعية الجيدة، مع المحافظة على النظافة العامة المستمرة أثناء الإعداد، والتداول والتخزين فى حرارة منخفضة، والتعبئة فى عبوات تسمح بتوفير الرطوبة والجو المعدل حول القرون.

## التصدير

يمتد موسم تصدير الفاصوليا الفائقة الرفع، والرفيعة جدًا، والرفيعة، والبوبى خلال

العام كله فيما عدا شهرى أغسطس وسبتمبر، علمًا بأن نوعية القرون تنخفض كلما ازداد الارتفاع فى درجة الحرارة وقت الحصاد (خلال شهرى يونيو ويوليو)، أما الفاصوليا الهلد، فيمتد موسم تصديرها من ديسمبر إلى مارس

ويمكن التصدير إلى الدول الأوروبية حسب نوعيات الفاصوليا، كما يلى:

| الفئة | قطر القرن (مم) | طول القرن (سم) | الأسواق التى تطلبها |
| --- | --- | --- | --- |
| الفائقة الرفع extra fine | ٥,٥–٦,٥ | ٩–١٣ | فرنسا |
| الرفيعة جدًا very fine | ٧,٠–٨,٠ | ٩–١٣ | فرنسا – بلجيكا – سويسرا – المملكة المتحدة – السويد – النرويج – فنلندة |
| الرفيعة fine | ٨,٠–٨,٥ | ٩–١٤ | فرنسا – بلجيكا – سويسرا – المملكة المتحدة – هولندا – ألمانيا |
| البوّبى bobby | ٩ فأكثر | ١٣–١٦ | جميع الدول الأوروبية فيما عدا فرنسا |

يجب تبريد الحاويات التى تستخدم فى شحن الفاصوليا الخضراء إلى ٤°م على ألا تزيد عن ٧°م، مع توفير تهوية بمعدل ٣٠م$^3$/ساعة (٢٠ قدم$^3$/دقيقة) فى الحاويات الـ ٢٠ قدم، وبمعدل ٦٠م$^3$/ساعة (٣٥ قدم$^3$/دقيقة) فى الحاويات الـ ٤٠ قدم، ومع رطوبة نسبية ٩٠٪–٩٥٪، حيث تحتفظ الفاصوليا بجودتها لمدة ٧–١٤ يومًا تحت هذه الظروف. هذا مع العلم بأن الفاصوليا تتجمد على –٠,٧°م (Optimal Fresh ٢٠٠١ – الإنترنت).

## نبت الفاصوليا

يقدر معدل التنفس فى نبوت الفاصوليا bean sprouts الحديث الحصاد بنحو مللى مول واحد من ثانى أكسيد الكربون لكل كيلوجرام واحد فى الساعة على ١٠°م،

ويتضاعف ذلك المعدل بمقدار ١٠ مرات مع كل ارتفاع فى درجة الحرارة قدره ١٦,٥ °م.

وتبقى نبوت الفاصوليا بحالة جيدة لمدة ٧-٩ أيام على الصفر المئوى مع ٩٥٪ إلى ١٠٠٪ رطوبة نسبية. وتصل نبوت الفاصوليا إلى حدها الأدنى من الصلاحية للبيع بعد ٨,٥، و ٥,٥، و ٤,٥، و ٢,٥ يوم عند تخزينها على حرارة صفر، و ٢,٥، و ٥، و ١٠ °م على التوالى (عن DeEll وآخرين ٢٠٠٠).

# الفصل التاسع

## البسلة

### النضج والحصاد

يتوقف موعد النضج المناسب للحصاد، وطريقة الحصاد على الغرض الذى يزرع من أجله المحصول كما يلى:

### أولاً: البسلة التى تزرع لأجل البذور الخضراء

من أهم علامات وصول القرون إلى طور النضج المناسب للحصاد ما يلى:

١– امتلاء القرون ونمو البذور بصورة جيدة – وهى مازالت غضة – بحيث يؤدى الضغط عليها إلى دهكها دون أن تنزلق الفلقتان.

٢– بدء تحول البذور من اللون الأخضر القاتم إلى الأخضر الفاتح.

٣– الاعتماد على قراءة جهاز التندروميتر tendrometer، وهو جهاز يقدّر درجة صلابة البذور الخضراء – بقياس مقدار الضغط اللازم لدفع حجم معلوم من البذور من خلال شبكة قياسية standard grid – وترتبط جودة البذور ونسبة السكر بها ارتباطًا وثيقًا مع قراءة الجهاز كما هو مبين فى جدول (٩–١)، حيث تزداد الجودة مع انخفاض القراءة، ويصاحب ذلك انخفاض المحصول (جدول (٩–٢)، ولكن يزيد سعر البيع. وعندما تتراوح قراءة الجهاز من ٩٠٪–٩٥٪ .. فإن ذلك يعنى أن المحصول يقل عما يمكن الحصول عليه بمقدار ٢٥٪ (Shoemaker ١٩٥٣).

### ويرتبط النقص فى نوعية البذور، أو الزيادة فى قراءة التندروميتر بالتغيرات التالية أيضًا:

أ– زيادة نسبة النشا، والمواد عديدة التسكر، والبروتين، وهى المواد الصلبة التى لا تذوب فى الكحول .. ويعنى ذلك ارتباط النوعية سلبيًا بنسبة هذه المواد، ويبلغ معامل الارتباط ٠,٩٥٪ (Idle ١٩٥٠).

ب– زيادة الكثافة النوعية للبذور.

جـ– نقص نسبة السكر

د– انتقال الكالسيوم إلى أغلفة البذور، مما يزيد من صلابتها.

هـ– زيادة حجم البذور

جدول (٩–١): قراءة جهاز التندروميتر tendrometer للرتب المختلفة من بذور البسلة الخضراء.

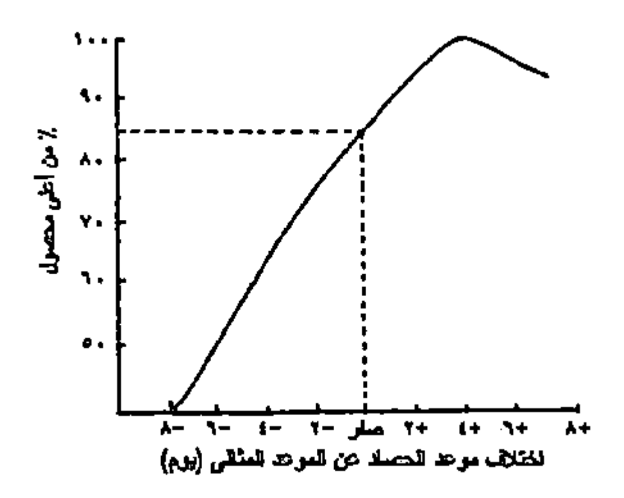
| الرتبة | | القراءة |
|---|---|---|
| فاخرة جدًا | Extra fancy | ١٠٠ |
| فاخرة | Fancy | ١٠٠–١١٥ |
| فوق القياسية | Extra standard | ١١٦–١٣٠ |
| القياسية | Standard | ١٣١–١٥٠ |
| تحت القياسية | Substandard | ١٥٠ |

جدول (٩–٢): تأثير التأخير في الحصاد على محصول البسلة الخضراء ونوعيته (Salunkhe & Dasi ١٩٨٤).

| عدد الأيام بعد أول حصاد | المحصول (طن/فدان) | قراءة التندروميتر | البذور الصغيرة (رقما ٢، ٣) (٪) | النشا (٪) |
|---|---|---|---|---|
| صفر | ١,٥٨ | ٩٠ | ٣٢,٠ | ٢,٤٤ |
| ٢ | ٢,٠٢ | ٩٦ | ٢٨,٢ | ٢,٧٣ |
| ٤ | ٢,٣٦ | ١٠٢ | ٢٢,٥ | ٢,٩٩ |
| ٦ | ٢,٦٢ | ١٠٩ | ١٦,٨ | ٣,٢٢ |
| ٨ | ٢,٨٩ | ١١٨ | ١٣,٦ | ٣,٥٠ |
| ١٠ | ٣,١٨ | ١٣٥ | ٥,٥ | ٤,٤٤ |
| ١٢ | ٣,٦٤ | ١٦٠ | ٢,١ | ٥,٨٢ |

وتؤثر درجة الحرارة السائدة أثناء النضج تأثيرًا كبيرًا على سرعة نضج البذور وعلى الرغم من أن درجة الحرارة ليس لها أى تأثير على نوعية البذرة طالما أنها تحصد فى الوقت المناسب، إلاّ أن نوعيتها تتدهور بسرعة كبيرة بعد وصولها إلى مرحلة النضج المناسبة للحصاد إذا سادت الجو درجات حرارة مرتفعة خلال تلك الفترة، حيث تزداد قراءة التندوميتر بمقدار ١٥-٣٠ وحدة يوميًا.

وتتأثر كمية المحصول بدرجة النضج التى يجرى عندها الحصاد كما هو مبين فى شكل (٩-١). ويمثل هذا الشكل متوسط محصول سبعة من أصناف التعليب فى خمسة مواسم زراعية يتضح من الشكل أن الحصاد فى الوقت المناسب للتعليب يعنى نقصًا قدره حوالى ١٣٪ عن أعلى محصول متوقع. وعلى الرغم من ذلك .. فإن بسلة التعليب تحصد فى وقت مبكر عن الموعد المناسب بنحو يومين؛ مما يعنى أن النقص عن أعلى محصول متوقع يصل إلى ٢٥٪. وتجدر الإشارة إلى أن النقص المشاهد فى المحصول بعد أربعة أيام من وصول البذور إلى مرحلة النضج المناسبة للتعليب يرجع إلى نضج البذور، وبدء فقدها لرطوبتها (Arthey ١٩٧٥).




شكل (٩-١): تأثير التقديم أو التأخير فى موعد حصاد البسلة عن الموعد المثالى على المحصول كنسبة مئوية من أعلى محصول متوقع.

وتحصد حقول البسلة الخضراء يدويًا بعد ٥٠–٧٠ يومًا من الزراعة فى الأصناف القصيرة ويستمر الحصاد لمدة ١–١,٥ شهرًا، وبعد ٧٠–٩٠ يومًا فى الأصناف المتوسطة الطول ويستمر لمدة شهرين، وبعد ٨٠–٩٠ يومًا فى الأصناف الطويلة ويستمر لمدة شهرين ونصف. ويجرى الحصاد كل خمسة أيام فى الجو البارد، وكل ثلاثة أيام فى الجو الحار، ويفضل أن يجرى فى الصباح الباكر أو قرب المساء. كما قد يجرى الحصاد آليًا مرة واحدة بالنسبة لمحصول التصنيع.

تحصد البسلة الخضراء لأجل التصنيع (التجميد والتعليب) آليًا على نطاق واسع فى عديد من دول العالم، حيث تقوم آلة الحصاد بتجريد النباتات من القرون. ويعتمد تحديد موعد الحصاد على تجمع العدد اللازم من الوحدات الحرارية بالنسبة لكل صنف وقد وجد أن حرارة أساس مقدارها ٣°م كانت مناسبة لعدة أصناف من البسلة (Bourgeois وآخرون ٢٠٠٠).

وفى دراسة شملت سبعة أصناف من البسلة، وأربعة أنواع (موديلات) من آلات الحصاد بلغت نسبة البقايا النباتية التى مرت من آلة الحصاد بين ٤٪، و ٣٣,٧٪ من وزن المحصول، بمتوسط قدره ١٥,٢٪. كما تراوح مقدار الفقد فى المحصول بسبب عملية الحصاد الآلى بين ٢٤، و ١٤٠٨ كجم/هكتار (أى بين ٨، و ٤٤٠ كجم/فدان)، بمتوسط قدره ٥٥٥ كجم/هكتار (٢٣٣ كجم/فدان)، أو نحو ٠,٥٪ إلى ٣٤٪ من محصول القرون، بمتوسط قدره ١٠,٤٪. وكان معظم هذا الفقد عند مقدمة (رأس) آلة الحصاد، حيث بلغ ٧٠,٣٪ من الفقد الكلى وعلى الرغم من تباين الأصناف كثيرًا فى نسبة الفاقد عند حصادها آليًّا فإن الأنواع المختلفة من آلات الحصاد المستعملة لم تختلف فى هذا الشأن. وقد أمكن خفض كمية البقايا النباتية – التى تتجمع مع المحصول – ونسبة الفاقد فى القرون بالتحكم فى سرعة آلة الحصاد، وارتفاع مقدمة (رأس) الآلة التى تقوم بالتقاط عروش النباتات، وإجراء الحصاد قبل أن تصبح نسبة عالية من القرون زائدة النضج (Glancey وآخرون ١٩٩٦).

## ثانياً: البسلة التى تزرع لأجل البذور الجافة

تُحصد البسلة التى تزرع لأجل البذور الجافة آليًا بعد نضج وجفاف القرون السفلى تمامًا، ويكون ذلك بعد نحو ٤-٦ أشهر من الزراعة. ويمكن زيادة المحصول الجاف بجمع القرون التى تجف أولاً حتى لا تنشطر وتسقط منها البذور، ثم تقلع النباتات بعد جفافها وتدرس لاستخلاص البذور منها.

## ثالثاً: البسلة السكرية

تحصد البسلة السكرية التى تزرع لأجل قرونها الكاملة بمعدل ٣-٤ مرات أسبوعيًا على مدى ٢-٣ أشهر. ويجب أن يستمر الحصاد حتى إذا كانت الأسعار منخفضة لكى تستمر النباتات فى النمو.

ويكون حصاد طراز المنجتوه mangetout peas (أو الـ snow peas) فى مرحلة مبكرة جدًا من النمو، وبمجرد التعرف على مواضع البذور فى القرن، وهى مازالت صغيرة جدًا. ويمكن من خلال التعرف على خصائص نمو القرن فى كل صنف تحديد الموعد المناسب للحصاد، وهو الذى يصل فيه القرن إلى أقصى نمو طولى وعرضى له قبل أن تبدأ البذور فى الزيادة فى الحجم.

أما حصاد طراز البسلة المتقصفة snap peas (السكرية) فإنه يكون عند امتلاء القرن بالبذور بعد بلوغ البذور نصف حجمها الكامل، ولكن قبل أن تصل إلى حجمها الكامل. ومن الطبيعى أن المحصول يزداد كلما تأخر الحصاد، ولكن يصاحب ذلك احتمال تخطى القرون للمرحلة المناسبة للحصاد.

## التنفس وإنتاج الإثيلين

يتباين معدل تنفس البسلة العادية والسكرية حسب درجة الحرارة، كما يلى:

| الحرارة (°م) | معدل التنفس (ملليلتر ثانى أكسيد كربون/كجم فى الساعة) |
|---|---|
| صفر | ١٥-٢٤ |

| الحرارة (°م) | معدل التنفس (ملليلتر ثانى أكسيد كربون/كجم فى الساعة) |
|---|---|
| ٥ | ٢٧–٣٨ |
| ١٠ | ٣٤–٥٩ |
| ١٥ | ٨٩–١٠١ |
| ٢٠ | ١٢٣–١٨٠ |

يقل إنتاج قرون البسلة السكرية من الإثيلين عن ٠,١ ميكروليتر/كجم فى الساعة على ٢٠°م

وتعد البسلة السكرية متوسطة الحساسية للإثيلين الذى قد تتعرض له من مصادر خارجية ويؤدى استمرار تعرض القرون لتركيز منخفض من الإثيلين أثناء التخزين والشحن إلى اصفرار القرون وتحللها. ويعد كأس القرن أكثر حساسية للإثيلين عن القرن ذاته، حيث يبدأ فى الجفاف (Suslow & Cantwell ٢٠٠٧).

## التداول

يتم أولاً استبعاد القرون الزائدة النضج ذات اللون الأصفر، والقرون الخالية من البذور والتى تكون مسطحة، وكذلك القرون المصابة بالأمراض والحشرات، ثم تُعرَّض باقى القرون لتيار من الهواء لإزالة البقايا النباتية المختلطة بها. ويلى ذلك إجراء عملية التبريد الأولى للتخلص من حرارة الحقل، وذلك بغمر القرون فى الماء المثلج. وتبرد البسلة السكرية بطريقة الدفع الجبرى للهواء البارد.

يمكن تبريد البسلة مبدئيًا من حرارة ٢١°م إلى ١°م فى خلال حوالى ١٢ دقيقة بغمرها فى ماء مثلج على حرارة الصفر المئوى. كذلك يمكن إجراء التبريد الأولى بالتفريغ، ولكن يتعين بلّ القرون بالماء أولاً حتى لا تفقد رطوبتها. ومتى كانت القرون مبتلة (بسبب التبريد الأولى بالماء المثلج، أو بسبب إضافة الثلج المجروش إلى القرون فى العبوات)، فإن حرارة التخزين يجب إلاّ ترتفع أبدًا عن ١°م وإلاّ تعرضت القرون للإصابة بالأعفان. ويمكن إجراء التبريد الأولى بطريقة الدفع الجبرى للهواء، وتعد تلك هى الطريقة المفضلة لتبريد البسلة السكرية (Morris & Jobling ٢٠٠٧)

ويتم فى الولايات المتحدة تدريج البسلة الخضراء إلى سبع رتب حسب حجم البذور كما هو مبين فى جدول (٩-٣)، كما يتم فى المملكة المتحدة تدريج البسلة إلى الرتب الخمس التى سبق بيانها فى جدول (٩-١) على أساس قراءة التندروميتر. وعلى الرغم من وجود علاقة مؤكدة بين حجم البذور وقراءة جهاز التندروميتر فى الصنف الواحد، إلاّ أن هذه العلاقة لا وجود لها لدى مقارنة أصناف مختلفة من البسلة كما هو مبين فى جدول (٩-٤).

جدول (٩-٣): قطر البذور فى الرتب المختلفة من البسلة (Shoemaker ١٩٥٣).

| الرتبة | قطر البذرة (١/٣٢ من البوصة) |
|---|---|
| ١ | < ٠,٩ |
| ٢ | ٩,٠ إلى < ١٠,٠ |
| ٣ | ١٠,٠ إلى < ١١,٠ |
| ٤ | ١١,٠ إلى < ١٢,٠ |
| ٥ | ١٢,٠ إلى < ١٣,٠ |
| ٦ | ١٣,٠ إلى < ١٤,٠ |
| ٧ | ١٤,٠ فأكثر |

جدول (٩-٤): العلاقة بين قراءة التندروميتر، وحجم البذرة فى عدد من أصناف البسلة (Arthey ١٩٧٥).

| الرتبة | قراءة التندروميتر | متوسط حجم البذرة [أ] |
|---|---|---|
| ميزار Myzar | ١٠٠ | ٦,٠ |
| | ١٢٠ | ٨,٠ |
| سباركل Sparkle | ١٠٠ | ٦,٠ |
| | ١٢٠ | ٨,٠ |
| سبايت Spite | ١٠٠ | ٥,٠ |
| | ١٢٠ | ٧,٠ |
| دارت Dart | ١٠٠ | ٢,٠ |
| | ١٢٠ | ٣,٥ |

تابع جدول (٩–٤).

| الرتبة | قراءة التندروميتر | متوسط حجم البذرة (أ) |
|---|---|---|
| سربرايز Surprise | ١٠٠ | ٤٠ |
| | ١٢٠ | ٤٥ |
| دارك سكنديرفكشن Dark Skinned Perfection | ١٠٠ | ٦,٥ |
| | ١٢٠ | ٨,٠ |
| بوجت Puget | ١٠٠ | ٤٠ |
| | ١٢٠ | ٥٥ |

(أ) متوسط حجم البذور على مقياس من صفر (= بذور صغيرة جدًا) إلى ٩ (= بذور كبيرة جدًا).

## التخزين

تفقد بذور البسلة الخضراء جزءا كبيرًا من محتواها من السكر إن لم تخزن سريعًا في درجة حرارة منخفضة وأفضل ظروف للتخزين هي الصفر المئوى مع رطوبة نسبية من ٩٥٪–٩٨٪ تحتفظ البذور بجودتها تحت هذه الظروف لمدة ٧–١٤ يومًا، وتزداد مدة التخزين نحو سبعة أيام أخرى إذا خلطت القرون مع الثلج المجروش أثناء التخزين ويفضل دائمًا تخزين قرون البسلة كاملة؛ أى بدون تقشير (Lutz & Hardenburg ١٩٦٨) وتخزن قرون البسلة السكرية في نفس الظروف لمدة أسبوعين وبعدها تذبل القرون وتصفر، وتفقد طراوتها، ويتكون بها النشا وتظهر بها الأعفان، ويزداد معدل ظهور تلك الأعراض في الحرارة التي غالبًا ما تسوق عليها البسلة والتي تتراوح بين ٥، و ١٠°م

وقد أمكن تخزين قرون البسلة السكرية المتقصفة صنف مانوا شوجر Manoa Sugar على ١٠°م لمدة ١٤ يومًا في الهواء العادى دون أن تحدث تغيرات تذكر في خصائص الجودة التي تم قياسها (التغيرات في المظهر العام، والوزن، وتركيز الكلوروفيل، ونسبة السكريات الكلية، ونسبة المواد غير الذائبة، ونسبة البروتين الذائب)، ولكن المظهر العام كان أفضل في الهواء المتحكم في مكوناته (٢٤٪ أكسجين + ٢,٦٪ ثاني أكسيد

كربون) مقارنة بالتخزين فى الهـواء العـادى، بينما ظهـر الفرق واضحًا عنـدما اسـتمر التخزين تحت هذه الظروف لمدة ٢١ يومًا، حيث كان مظهر البسلة المخزنـة فـى الهـواء المتحكم فى مكوناته أفضل عما فى حالة التخزين فـى الهـواء العـادى، واسـتمر مـستوى الكلوروفيل والسكريات الذائبـة عاليًـا بينمـا انخفـض تركيـز المـواد الـصلبة غـير القابلـة للذوبان. أما عندما كان التخزين فى ١°م، فقـد احتفظـت القـرون بجودتهـا سـواء أكـان التخزين فى الهواء العادى، أم فى الهواء المتحكم فى مكوناته (Ontai وآخرون ١٩٩٢).

وتستفيد البسلة العادية قليلاً مـن التخـزين فـى ٢٪ إلى ٣٪ أكـسجين + ٢٪ إلى ٣٪ ثانى أكسيد كربون.

وقد أدت تعبئة البسلة المنجتوه snow peas (السكرية الجلدية) فى أغـشية بوليمريـة من الـ polymethyl pentene بـسمك ٢٥ أو ٣٥ ميكـرون، مـع التبريـد الأولى والتخـزين على ٥°م إلى تعديل الهـواء فـى العبـوات إلى حـوالى ٥٪ أكـسجين، و ٥٪ ثـانى أكـسيد كربون؛ والمحافظة علـى جـودة القـرون خارجيًـا (المظهـر واللـون)، وداخليًـا (محتـوى الكلوروفيل وحامض الأسـكوربيك والسكر)، وكذلك جـودة القـرون الأكليـة. وقـد توافقـت تلك النتائج مع نتائج دراسة خزنت فيها البسلة فى جـو مـتحكم فـى مكوناتـه يحتـوى على ٥٪ إلى ١٠٪ أكـسجين _ ٥٪ ثـانى أكـسيد كربـون، حيـث كانـت الـتغيرات فـى محتوى القرون من الأحماض العضوية، والأحماض الأمينيـة الحـرة، والـسكريات تحـت هذه الظروف قليلة، كما كان مظهر القرون فيهـا أفـضل بكـثير مـن مظهرهـا فـى حالـة التخزين فى الهواء العادى على ٥°م. وقد ظهر طعم غير مرغوب فى القرون التى خزنـت فى ٢,٥٪ أو ٥٪ أكسجين + ١٠٪ ثانى أكسيد كربون، ولكن ذلك الطعم اختفـى جزئيًـا بعد تهوية القرون (Pariasca وآخرون ٢٠٠٠).

وتبدأ البسلة السكرية فى التجمد على حرارة –٠,٦°م؛ فتصبح القـرون مائيـة المظهـر وسـريعًا مـا تتحلـل بواسـطة بكتيريـا العفـن الطـرى البكـتيرى (Suslow & Cantwell ٢٠٠٧).

## التصدير

يمتد موسم تصدير البسلة بنوعيها — الخضراء العادية والسكرية — من أكتوبر إلى أبريل.

ويتعين تبريد الحاويات التى تستخدم فى شحن البسلة إلى الصفر المئوى مع عدم ارتفاع حرارتها عن ١ °م، ومع توفير تهوية بمعدل ١٥م$^3$/ساعة (١٠ قدم$^3$/دقيقة) فى الحاويات الـ ٢٠ قدم/ وبمعدل ٣٠م$^3$/ساعة (٢٠ قدم$^3$/دقيقة) فى الحاويات الـ ٤٠ قدم، ومع توفير رطوبة نسبية ٩٠٪–٩٥٪ تبقى البسلة تحت هذه الظروف بحالة جيدة لمدة ٧–١٤ يومًا ويراعى أن البسلة تتجمد على –٠,٦ °م (Optimal Fresh ٢٠٠١ — الإنترنت)

الفصل العاشر

# الخضر الثمرية الأخرى

يتضمن هذا الفصل الخضر الثمرية غير تلك التى ورد بيانها فى الفصول التسعة الأولى من هذا الكتاب.

## الباذنجان

يبدأ نضج ثمار الباذنجان عادة بعد ٢,٥–٣ أشهر من الشتل، ويستمر الحصاد لمدة مماثلة. تصبح الثمار فى مرحلة النضج الاستهلاكى عندما تصل إلى ثلثى حجمها الكامل، ويكون ذلك بعد ١٥–٤٠ يومًا من التلقيح حسب الصنف ودرجة الحرارة، وتقطف فيما بين وصولها إلى ثلثى حجمها الكامل، ووصولها إلى حجمها الكامل، ولكن قبل أن تبدأ بذورها فى التصلب.

ويمكن التعرف على مرحلة النضج المناسبة للحصاد بالضغط على الثمرة بالإبهام، فإذا اندفع جلد الثمرة إلى مكانه الأول بسرعة بعد رفع الإصبع، دل ذلك على أنها مازالت غير ناضجة، أما إذا عاد الجلد لوضعه الأول ببطء شديد، دل ذلك على أنها زائدة النضج. وتُعد الثمار المناسبة للاستهلاك وسطًا بين الحالتين (Sims وآخرون ١٩٧٨، Ware & MaCollum ١٩٨٠).

وإذا تعدت الثمار مرحلة النضج المناسبة للاستهلاك، فإنها تتحول إلى اللون البرونزى، وتتصلب قشرتها وبذورها، وتكتسب طعمًا لاذعًا.

ويتناسب محصول الباذنجان طرديًا مع التأخر فى حصاد الثمار، إلا أن ذلك تصاحبه احتمالات تعدى الثمار لمرحلة النضج المناسبة للاستهلاك. وإذا حدث ذلك .. فلابد من حصاد هذه الثمار والتخلص منها، وذلك لأن تركها على النبات يُعجل من شيخوخته، ويؤدى إلى نقص المحصول

وتحصد الثمار بأعناقها كل ٣–٥ أيام فى الأصناف ذات الثمار الطويلة، وكل ٥–١٠ أيام فى الأصناف ذات الثمار الكروية والبيضية، حيث تقصر المدة بين الجمعات فى الجو الحار وتطول فى الجو البارد يقطع عنق الثمرة بالسكين، أو باستعمال مقص تقليم نظرًا لأنه يكون متصلبًا عند وصول الثمرة إلى مرحلة النضج المناسبة للحصاد

## التغيرات الكيميائية الحيوية المصاحبة لنمو الثمار ونضجها

تكون نسبة المواد الصلبة الكلية فى الثمار أعلى ما يمكن عند الإزهار (فى مبايض الأزهار)، وتقل سريعًا لعدة أيام، ثم تبقى عند مستوى ثابت حتى النضج وتكون نسبة السكريات الكلية منخفضة وفى حدود ٢٪–٣٫٥٪.

أما الطعم القابض فيكون أعلى ما يمكن عند الإزهار، ثم ينخفض بعد ذلك، ويكون الانخفاض سريعًا فى البداية، ثم بطيئًا فى المراحل التالية (Nothmann ١٩٨٦)

كان تركيز البولى أمينات: بوترسين putrescine، واسبرميدين spermidine منخفضًا ومتساويًا (١٫٦٧ نانومول/جم نسيج طازج) عند بداية تكوين الثمرة (بعد ٣–٥ أيام من سقوط البتلات). ولم تلاحظ أية تغيرات جوهرية فى تركيز الاسبرميدين أثناء نمو الثمرة، ولكن ازداد تركيز البوترسين ووصل إلى أعلى مستوى له، وهو ١٧٫٤ نانومول/جم فى اليوم التاسع بعد سقوط البتلات، ثم انخفض بعد ذلك إلى مستواه الابتدائى. وبداية من اليوم التاسع لسقوط البتلات حدثت زيادة سريعة فى وزن الثمرة وحجمها، وكان تركيز السكر فى أعلى مستوياته. أما إنتاج الإثيلين فقد انخفض — مع تطور تكوين الثمرة — من ١٤٫٢٣ إلى ١٫٥ ميكروليتر/كجم فى الساعة، وظل منخفضًا خلال المراحل المتأخرة من تكوينها (Rodriguez وآخرون ١٩٩٩).

## التنفس وإنتاج الإثيلين

تباين معدل تنفس ثمار الباذنجان (بالملليجرام ثانى أكسيد كربون لكل كيلوجرام

فى الساعة) كما يلى:

| الطراز | معدل التنفس |
|---|---|
| الأمريكى | ٣٠-٣٩ |
| الأبيض البيضى | ٥٢-٦١ |
| اليابانى | ٦٢-٦٩ |

أما معدل إنتاج الإثيلين من ثمار الباذنجان فيبلغ ٠,١-٠,٧ ميكروليتر لكل كيلوجرام من الثمار فى الساعة.

وتعد ثمار الباذنجان متوسطة إلى عالية الحساسية للإثيلين الذى تتعرض له. ويؤدى تعرض الثمار لتركيز من الغاز يزيد عن جزء واحد فى المليون أثناء الشحن أو التخزين إلى انفصال الكأس والتلون البنى والتدهور العام فى الجودة ( Cantwell & Suslow ٢٠٠٧).

## التداول

يتطلب تصدير الباذنجان تعبئته فى صناديق كرتونية، وتبريده أوليًا بطريقة الدفع الجبرى للهواء، قبل شحنه على حرارة ١٠°م ورطوبة نسبية ٨٥٪-٩٠٪.

ولا يوصى بتبريد الباذنجان أوليًا بطريقة الماء البارد hydrocooling لأن الماء قد يترك بقعًا على سطح الثمرة، ولأن هذه الطريقة قد تكون قليلة الكفاءة بالنظر إلى اتساع مسطح الثمرة الخارجى بالنسبة إلى حجمها. وقد يكون التبريد فى الغرف المبردة كافيًا إن أمكن خفض درجة حرارة لُب الثمرة إلى ١٣-١٥°م فى خلال ٢٤ ساعة من الحصاد (عن Salunkhe & Desai ١٩٨٤).

## التخزين المبرد العادى

إن الظروف المثلى لتخزين ثمار الباذنجان هى حرارة ١٠-١٢°م، مع رطوبة نسبية ٩٠٪-٩٥٪. وتقل فترة تخزين الباذنجان — عادة — عن ١٤ يومًا، حيث تتدهور

جودته بعد ذلك، فيصاب بالأعفان غالبًا، وخاصة بعد نقله من المخزن إلى أسواق البيع. ويؤدى تخزين الباذنجان لفترة قصيرة على حرارة أقل من ١٠°م – بهدف الحد من الفقد في الوزن – إلى إصابة الثمار بأضرار البرودة (Thompson ٢٠٠٣)

ويزداد الفقد الرطوبي من الباذنجان الياباني كثيرًا عن الباذنجان الأمريكي القياسي، حيث تبلغ سرعة فقده للماء ثلاثة أضعاف سرعة فقد الباذنجان الأمريكي، ويترتب على ذلك سرعة فقده للمعان الجلد الذى يتكرمش، ويصبح اللب أسفنجيًا والكأس بنيًا

هذا مع العلم بأن الطراز الأمريكي هو الباذنجان القياسي (الكروى إلى البيضاوى) ذات اللون القرمزى الداكن، والياباني ذات ثمار مطاولة ورفيعة لونها قرمزى فاتح إلى داكن وسريع التلف، والصيني ذات ثمار مطاولة ورفيعة لونها قرمزى فاتح ( Cantwell & Suslow ٢٠٠٧).

لا يجب أبدًا تعريض ثمار الباذنجان للثلج، كما لا يجب وضعه في نفس المكان مع المنتجات ذات الروائح النفاذة مثل البصل لامتصاصه لتلك الروائح (Siller-Cepeda ٢٠٠٤).

يبدأ تجمد ثمار الباذنجان على حرارة -٠,٨°م ومن أبرز أعراض أضرار التجمد – بعد تفكك الثمار – اللب المائى المظهر الذى يكتسب لونًا بنيًا، والذى يفقد رطوبته بسرعة ملحوظة (Cantwell & Suslow ٢٠٠٧).

## أضرار البرودة

ظهرت أعراض أضرار البرودة على ثمار الباذنجان بعد ٣٢ يومًا من التخزين على ٧,٢°م، وذلك على صورة تلون بني داخلي واحتراق (انسفاع) وتلون بني سطحي، وتنقير وأعفان، وكلها أعراض قد لا تظهر إلا بعد إخراج الثمار من المخزن المبرد ويمكن أن تختلط تلك الأعراض بأعراض الإصابة بأضرار التركيزات العالية لثاني أكسيد الكربون

أما على ٥°م، فإن أضرار البرودة تظهر فى خلال ٦-٨ أيام.

**وتتباين طرز الباذنجان فى الفترة التى تبدأ بعدها أضرار البرودة فى الظهور لدى تعرضها لحرارة مختلفة، كما يلى:**

| الطراز/الحرارة (°م) | صفر | ٢,٥ | ٥ | ٧,٥ |
|---|---|---|---|---|
| الأمريكى | ١-٢ | ٤-٥ | ٦-٧ | ١٢ |
| اليابانى | — | ٥-٦ | ٩-٨ | ١٢-١٤ |
| الصينى | ٢-٣ | ٥-٦ | ١٠-١٢ | ١٥-١٦ |

(عن Cantwell & Suslow ٢٠٠٧).

**ومن أهم مظاهر إصابة الثمار بأضرار البرودة، ما يلى:**

١- تكون النقر السطحية.

٢- التلون البنى الداخلى لنسيج المشيمة، واكتساب البذور والحزم الوعائية لونًا بنيًا.

٣- ظهور أعراض الانسفاع Scalding، وهى ظاهرة تكون مساحات أو بقع بنية على سطح الثمرة، تصبح غائرة بمرور الوقت.

٤- فى النهاية تكتسب الثمار لونًا برونزيًا.

٥- تزداد حساسية الثمار للإصابة بفطر الألترناريا *Alternaria* بعد إخراجها من المخزن.

وتزداد الحساسية للبرودة فى الثمار التى تتكون فى الجو البارد نسبيًا عما فى تلك التى تتكون فى الجو الدافئ. فمثلاً .. كانت الثمار التى حصدت خلال فصل الشتاء (ديسمبر ويناير) أكثر حساسية للإصابة بأضرار البرودة عند تخزينها على ٦ أو ٨°م (مع ٨٧٪-٩٠٪ رطوبة نسبية) عن تلك التى حصدت فى الربيع (مارس وأبريل) (Fallik وآخرون ١٩٩٥). هذا .. مع العلم بأن للحرارة المنخفضة تأثير متجمع، وقد يبدأ من الحقل.

وقد أجريت بعض المعاملات بهدف الحد من ظهور أضرار البرودة، فمثلاً . أدت التدفئة المتقطعة intermittent warming لثمار الباذنجان بالتخزين لمدة ٣ أيام على حرارة ٢,٥ + ٣ أيام على حرارة ١٢,٥°م + ٣ أيام على حرارة ٢,٥°م + ٣ أيام على حرارة ٢٠°م .. أدت إلى تأخير ظهور أعراض أضرار البرودة بنحو أسبوع مقارنة بموعد ظهورها فى ثمار الكنترول التى خزنت على حرارة ٢,٥°م لمدة ٩ أيام ثم لمدة ٣ أيام على حرارة ٢٠°م (Mancarelli وآخرون ١٩٩١). وقد حصل Kluge وآخرون (١٩٩٨) على نتائج مماثلة عندما عرضت ثمار الباذنجان التى خزنت تخزينًا باردًا لمدة ٢١ يومًا للتدفئة كل ٣، أو ٤، أو ٥، أو ٦ أيام، حيث لم تُصب الثمار بأضرار البرودة

وأدى تخزين الثمار التى عوملت بالمطهرات فى أكياس بلاستيكية قليلة الكثافة وغير مثقبة (بمعدل ١٢–١٤ ثمرة/كيس فى طبقتين) إلى إمكان تخزينها على ٨°م لأكثر من ثلاثة أسابيع دون أن تصب بأضرار البرودة، بينما ظهرت على الثمار التى طهرت سطحيًا ولم توضع فى الأكياس أضرارًا شديدة من جراء البرودة بعد ثلاثة أسابيع من تخزينها على ٨°م، هذا مع العلم بأن حرارة الثمار التى وضعت فى الأكياس كانت دائمًا أعلى بمقدار ٠,٥–١,٠°م عن حرارة المخزن (Fallik وآخرون ١٩٩٥).

## التغيرات المصاحبة للثمار أثناء تخزينها وشحنها

إن من أهم التغيرات التى تطرأ على الثمار بعد حصادها، ما يلى:

١– يبدأ تدهور ثمرة الباذنجان بعد الحصاد بفقدها للمعانها وصلابتها، ثم انكماشها بسبب فقدها للرطوبة، وفقدها للونها بسبب تحلل صبغاتها.

٢– تتأثر ثمار الباذنجان سلبيًا بالإثيلين، الذى يؤدى إلى انفصال الكأس عن الثمار وتعفنها (عن Nothmann ١٩٨٦).

٣– ظهور أضرار البرودة إذا تعرضت الثمار أثناء تخزينها أو شحنها لحرارة ٧°م أو أقل من ذلك

## التخزين فى الجو المعدل والجو المتحكم فى مكوناته

تغلف الثمار فى أغشية من البوليثيلين أو البولى فينيل كلورايد؛ بهدف الحد من فقدها للرطوبة، وخفض معدل تنفسها، بتكوين الأغشية لجو معدل modified atmosphere يحيط بالثمار.

ونظرًا لأن المستوردين الأوروبيين لا يفضلون تغليف ثمار الباذنجان – كل على انفراد – بأغشية البولى فينيل كلورايد المطاطة التى تلتصق بالثمار، لأنه يتعين إزالتها قبل عرض الثمار للتسويق، فقد أمكن استبدال هذه الطريقة بأخرى عوملت فيها الثمار بمبيد فطرى مع NAA ثم وضعت كل ١٠–١٥ ثمرة معًا فى أكياس من البوليثيلين غير المثقب داخل الكراتين، ووضع معها داخل الكيس – الذى يكون مبطنًا للكرتونة – ١٠ طبقات من المناديل الورقية لمنع تكثف الرطوبة. وقد منعت هذه الطريقة لتخزين الباذنجان فقد الوزن وحافظت على نوعية الثمار خلال فترة تخزينها التى دامت لمدة ١٤ يومًا على ١٢°م، ثم لمدة ٣ أيام إضافية على ٢٠°م (Fallik وآخرون ١٩٩٤ ب).

كذلك كان تخزين الثمار وهى مغلفة فى أغشية الـ PVC المثقبة أو غير المثقبة على حرارة ١٢°م أفضل من عدم التغليف فى حرارة ٤، أو ٨، أو ٢٤°م، وأفضل من التغليف فى حرارة ٤، أو ٨°م. خزنت الثمار بهذه الطريقة لمدة ١٦ يومًا دون أن تظهر عليها أى أعراض للتدهور أو أضرار البرودة، وكان الفقد فى الوزن خلال فترة التخزين ١,٨٪ فقط (١,٧٩٪ فى الأغشية المثقبة، و ١,٨١٪ فى الأغشية غير المثقبة) (Henz & Silva ١٩٩٥).

وعلى الرغم من أن ثمار الباذنجان التى عبئت فى أغشية من البوليثيلين ذات الكثافة المنخفضة LDPE داخل صناديق كرتونية على حرارة ٢٠°م احتفظت بنضارتها لمدة ٧–١٤ يومًا حسب الصنف، إلا أن كؤوس الثمار أصيبت بنسبة أعلى من الأعفان التى سببتها فطريات *Cladosporium* spp.، و *Alternaria* sp. مقارنة بما حدث فى الثمار التى لم تعبأ فى أغشية البوليثيلين (Diaz-Perez ١٩٩٨).

ويؤدى بقاء الثمار فى مستوى منخفض من الأكسجين (٣٪–٥٪) إلى تأخير تدهورها وتعفنها لأيام قليلة ويتحمل الباذنجان زيادة تركيز ثانى أكسيد الكربون حتى ١٠٪، ولكنه لا يفيد فى زيادة فترة صلاحيته للتخزين لأكثر مما يوفره نقص الأكسجين (Cantwell & Suslow ٢٠٠٧).

وقد أدت زيادة نسبة غاز ثانى أكسيد الكربون إلى ٥٪ أو ٨٪ أو ١٢٪ إلى تلون الثمار خارجيًا باللون البنى، ولكن لم تفقد الثمار صلابتها وقد كانت الثمار الكروية والبيضية الشكل أكثر تحملاً لزيادة تركيز الغاز عن الثمار الطويلة (Mencarelli وآخرون ١٩٩١)

وقد قام Kaynas وآخرون (١٩٩٥) بتخزين ثمار الفلفل على حرارة ١٢ ْم لمدة ٤٢ يومًا فى الهواء العادى، أو فى هواء معدل فى عبوات modified atmosphere packages (اختصارًا: MAP) باستعمال أغشية مثقبة أو غير مثقبة من البوليثيلين ذات الكثافة المنخفضة LDPE والبولى فينايل كلوريد PVC، أو فى الهواء المتحكم فى مكوناته controlled atmosphere (اختصارًا: CA) يحتوى على ٣٪ $O_2$ + ٣٪ $CO_2$، أو ٥٪ $O_2$ + ٥٪ $CO_2$، أو ٥٪ $O_2$ + ١٠٪ $CO_2$، وقيمت حالة الثمار بعد أسبوعين، وأربعة، وستة أسابيع، بعد انتهاء فترة التخزين البارد مباشرة، وبعد ثلاثة أيام إضافية على ٢٠ ْم، وكانت النتائج كما يلى:

١ – ازدادت معدلات زيادة نسبة المواد الصلبة الذائبة، ومعدلات نقص الحموضة، ونسبة النشا، ونسبة حامض الأسكوربيك فى الثمار التى خزنت فى الهواء العادى عمّا فى تلك التى خزنت فى الـ MAP أو فى الـ CA.

٢ – كان الفقد فى الوزن أعلى جوهريًا فى حالة التخزين فى الهواء عمّا فى جميع معاملات التخزين الأخرى.

٣ – كان الفقد فى الوزن أعلى جوهريًا عندما كان التخزين فى MAP عمّا كان عليه الحال فى الـ CA بعد أسبوعين من بداية التخزين، ولكن هذا الفرق اختفى بعد ٤، و ٦ أسابيع

٤ — أضرّ التخزين فى ١٠٪ $CO_2$ لمدة أكثر من أسبوعين بشدة بثمار الباذنجان حيث تغير لون الثمار الخارجى وظهر اصفرار على الكأس، ولكن تلك الأعراض كانت أقل وضوحًا عندما كانت نسبة $CO_2$ ٥٪.

٥ — كانت أفضل نوعية للثمار عندما كان التخزين فى الـ MAP باستعمال الـ PVC، أو فى الـ CA فى وجود ٣٪ $O_2$ + ٣٪ $CO_2$، حيث احتفظت الثمار بجودتها لمدة ٦ أسابيع.

## وسائل إطالة فترة صلاحية الثمار للتخزين

أجريت محاولات عديدة، بهدف زيادة فترة صلاحية ثمار الباذنجان للتخزين، نذكر منها ما يلى:

١ — محاولات الحد من أضرار البرودة، وقد أسلفنا بيانها.

٢ — المعاملات الكيميائية (المبيدات الفطرية ومنظمات النمو)، بهدف الحد من إصابة الثمار بالأعفان وتأخير وصولها إلى مرحلة الشيخوخة، فمثلاً:

أ — أدى غمس ثمار الباذنجان فى محلول ٠,٥٪ سانوسيل ٢٥ Sanosil-25 (الذى يحتوى على ٤٨٪ فوق أكسيد الأيدروجين $H_2O_2$) إلى تقليل أعفان الثمار بعد الحصاد وأثناء التخزين مع إطالة فترة صلاحيتها للتخزين مقارنة بثمار الكنترول التى لم تعط هذه المعاملة (Fallik وآخرون ١٩٩٤).

ب — أدى غمس كأس ثمرة الباذنجان فى محلول يحتوى على ٢٠٠ جزء فى المليون من نفثالين حامض الخليك NAA، و ٩٠٠ جزء فى المليون من البروكلوراز prochloraz إلى تأخير شيخوخة الكأس وعفن الثمرة، وكان غمس الثمرة كلها أفضل من غمس كأسها فقط. وأمكن بهذه الطريقة تخزين الثمار لمدة ١٤ يومًا على حرارة ١٢ °م، ثم لمدة ٣ أيام على حرارة ٢٠ °م ظل خلالها كأس الثمرة محتفظًا برونقه واخضراره، واحتفظت خلالها الثمرة بصلابتها، بينما لم تتعد نسبة الإصابة بالأعفان ٥٪. وكان المتبقى من المبيد فى الثمار التى غمست بأكملها — بعد فترة التخزين — ٠,٣٤ مجم/لتر (Temkin-Gorodeiski وآخرون ١٩٩٣).

### الباذنجان المجهز للمستهلك

أدت تعبئة الباذنجان المجهز للمستهلك fresh-cut فى MAP إلى زيادة فترة احتفاظ الشرائح بجودتها، حيث أدت زيادة تركيز ثاني أكسيد الكربون إلى نقص نشاط الإنزيمات polyphenol oxidase، و pectin methylesterase، و β-galactosidase، بينما أدت المعاملة بحامض الستريك إلى خفض نشاط إنزيم البولى فينول أو كسيديز فقط (Catalano وآخرون ٢٠٠٧).

## البامية

### النضج والحصاد

يبدأ حصاد البامية بعد ٤٥–٥٠ يومًا من الزراعة فى العروة الخريفية، و ٦٠–٧٥ يومًا فى العروة الصيفية المتأخرة، و ٨٠–١٠٠ يومًا فى العروتين. الصيفية المبكرة، والشتوية ويستمر الحصاد لمدة ٢–٥ أشهر حسب الحالة الجوية.

تجمع القرون – وهى مازالت صغيرة – قبل أن تتخشب وقبل أن تبلغ البذور نصف حجمها الطبيعى، ويكون ذلك بعد ٤–٦ أيام من التلقيح فى الأصناف الأمريكية التى تؤكل ثمارها وهى كبيرة، وبعد فترة أقل من ذلك فى الأصناف المصرية التى تؤكل ثمارها وهى صغيرة. وأيًّا كان الصنف المزروع .. فإن تأخير حصاد الثمار عن مرحلة النضج المناسبة للاستهلاك يؤدى إلى سرعة تليفها، خاصة فى الجو الحار ولذا .. فإن الحصاد يجرى يوميًّا فى الجو الحار، وكل يومين فى الجو الدافئ، وكل ٤–٥ أيام فى الجو البارد. ونظرًا لأن الأزهار تتكون يوميًا؛ لذا فإن الثمار تتفاوت فى الحجم عند الحصاد، مما يستدعى ضرورة تقسيمها إلى رتب مختلفة.

تكون صفات الجودة لقرون البامية عالية نسبيًّا فى اليوم الرابع من تفتح الزهرة، وتزداد جودة الثمار حتى اليوم السادس، ثم تنخفض حتى اليوم العاشر إلى الثانى عشر، وبعد ذلك تكون القرون متليفة ولا تصلح للاستهلاك. ويكون المحصول الصالح

للتسويق والقيمة الغذائية للقرون أعلى ما يمكن عند حصاد القرون بين اليوم السادس والتاسع من تفتح الأزهار. هذا مع العلم بأن الثمار الصغيرة جدًا تكون عشبية الطعم grassy (عن Salunkhe & Kadam ١٩٩٨).

ويؤدى تأخير حصاد البامية عن الموعد المناسب للنضج الاستهلاكى إلى ضعف النمو والإزهار التالى. وقد تأكد ذلك من دراسات Harvey (١٩٣١) الذى قام بقطع البراعم قبل تفتحها بأربع وعشرين ساعة، وقطع الثمار بعد تفتح الأزهار بأربع وعشرين ساعة، أو ٤–٥ أيام، أو ١٠–١٢ يومًا فى معاملات مختلفة، ووجد علاقة عكسية واضحة بين نمو الثمار والنمو الخضرى. وكان التأثير المضعف للإثمار على النمو الخضرى أقوى فى مراحل النمو الثمرى الأولى عما بعد ذلك.

كما تبيّن من دراسات Perkins وآخرين (١٩٥٢) أن لنضج بذور البامية تأثيرًا مثبطًا قويًا على نمو النبات، حيث توقف تكوين ثمار جديدة إلى أن اكتمل تكوين ونضج البذور فى القرون التى تركت بدون حصاد. وتميزت هذه النباتات التى تركت فيها القرون بدون حصاد بأن إثمارها كان فى موجات، وذلك بسبب توقف النمو الخضرى لحين نضج القرون الجديدة المتكونة. هذا .. بينما استمرت النباتات التى حصدت ثمارها وهى صغيرة فى النمو، وإنتاج ثمار جديدة. ولهذا السبب يجب حصاد جميع القرون التى تتخطى مرحلة النضج المناسبة للاستهلاك والتخلص منها، وعدم تركها على النبات.

وتعرف القرون التى تخطت مرحلة النمو المناسبة للاستهلاك بأن أطرافها لا تتقصف – ولكن تلتوى – عند محاولة ثنيها بالأصابع.

وبينما تحصد الثمار لأجل التصنيع بدون أعناق، فإن ثمار محصول الاستهلاك الطازج تزال منها الأعناق يدويًا بالسكين.

ونظرًا لوجود بعض الأشواك على قرون البامية، فإن استعمال القفازات عند الحصاد قد يكون ضروريًا لن يكون لديهم حساسية منها.

كما يفيد ارتداء القائمين بالحصاد قمصان بأكمام طويلة في حمايتهم من الأشواك الكثيرة التي توجد بنموات البامية الخضرية، والتي قد تسبب للبعض منهم حساسية جلدية

ويتراوح المحصول الجيد للبامية التي تحصد لأجل الاستهلاك الطازج بين ٤، و ١٠ أطنان للفدان.

## التنفس وإنتاج الإثيلين

تتباين البامية في معدل التنفس حسب درجة الحرارة، كما يلي:

| الحرارة (°م) | معدل التنفس (ملليمتر ثاني أكسيد كربون / كجم في الساعة) |
|---|---|
| ٥ | ٢٧–٣٠ |
| ١٠ | ٤٣–٤٧ |
| ١٥ | ٦٩–٧٢ |
| ٢٠ | ١٢٤–١٣٧ |

تنتج قرون البامية الإثيلين بمعدل منخفض يقل عن ٠,٥ ميكروليتر/كجم في الساعة. كما أن تعرض البامية للإثيلين من مصدر خارجي بتركيز يزيد عن ميكروليتر واحد/كجم لمدة ٣ أيام يؤدي إلى زيادة سرعة اصفرار القرون (عن Cantwell & Suslow ٢٠٠٧).

## التداول

يجب تداول البامية بعد الحصاد بحرص شديد لأن أي كدمات أو جروح تحدث بها أثناء التداول تتحول في خلال ساعات قليلة إلى اللون الأسود. ولهذا السبب يتعين ارتداء القائمين بعمليات الحصاد والتداول قفازات قطنية ناعمة.

### الغسيل

قد يمكن غسيل البامية بالرش أو بالغمر في الماء في أحواض، ويوصى باستعمال

ماء مضاف إليه الكلورين الحر بتركيز ٧٥–١٠٠ جزء فى المليون، مع ضرورة التخلص من الماء الزائد على سطح الثمار بعد الغسيل.

## التدريج

يتعين تدريب القائمين بعملية الحصاد على تدريج ثمار البامية أثناء حصادها، واستبعاد المتليفة منها (وهى التى تخطت مرحلة النمو المناسبة للحصاد) أولاً بأول.

**وتدرج البامية – فى الولايات المتحدة – إلى ٣ أحجام، كما يلى:**

١ – فاخرة fancy .. وهى التى لا يزيد طولها عن ٩ سم.

٢ – المختارة بعناية Choice .. وهى التى يتراوح طولها بين ٩، و ١١ سم.

٣ – الضخمة jumbo .. وهى التى يزيد طولها عن ١١ سم، ولكنها تكون ما زالت غضة.

## التعبئة فى عبوات المستهلك

يفيد تعبئة القرون فى أغشية مثقبة فى خفض الفقد الرطوبى، وتجنب إصابتها بالأضرار الفيزيائية.

## التبريد الأولى

يؤدى ترك قرون البامية فى سلال كبيرة لمدة ٢٤ ساعة بعد الحصاد – دون تبريد – إلى فقدها لجزء كبير من لونها الأخضر.

ونظرًا لسرعة تدهور البامية بعد الحصاد – بسبب ارتفاع معدل تنفسها – فإنه يتعين سرعة تبريدها أوليًا إلى ١٢°م للتخلص من حرارة الحقل. ولا يوصى بالتبريد الأولى باستعمال الماء المثلج لأنه قد يحدث أضرارًا وتبقعات بالثمار، ويفضل بدلاً عن تلك الطريقة إجراء التبريد الأولى بالدفع الجبرى للهواء أو تحت تفريغ، علمًا بأن الطريقة الأخيرة تتطلب بلّ الثمار بالماء قبل تعريضها للتفريغ للحد من فقدها للرطوبة (عن Salunkhe & Desai ١٩٨٤).

## التخزين

تعتبر البامية من الخضروات السريعة التلف؛ ولذا فإنها لا تخزن عادة إلاّ لفترات قصيرة لحين تحسن الأسعار وأهم مظاهر فقد الجودة فى قرون البامية بعد الحصاد، هى الذبول، وفقد الغضاضة، وتحلل الكلورفيل.

### التخزين البارد العادى

يمكن تخزين ثمار البامية لمدة ٧–١٠ أيام بحالة جيدة فى حرارة ١٠–١٢°م، ورطوبة نسبية ٩٥٪–١٠٠٪ بشرط أن تكون الثمار بحالة جيدة أصلاً قبل بداية التخزين وتعتبر الحرارة المنخفضة ضرورية لخفض معدل تنفس الثمار، والرطوبة العالية ضرورية لمنع انكماشها.

وتتعرض قرون البامية للإصابة بأضرار البرودة — خاصة عندما تكون القرون صغيرة جدًّا — إذا انخفضت حرارة التخزين إلى أقل من ١٠°م، وأعراض ذلك هى. ظهور تغيراتٌ فى اللون، مع تحلل القرون، وتكوّن نقر سطحية بها. ويزداد ظهور النقر بدرجة كبيرة إذا تعرضت الثمار لدرجة الصفر إلى ٢°م لمدة ثلاث أيام كما تظهر أعراض البرودة فى خلال ٢٤ ساعة من تعرض القرون لحرارة ٢٠°م بعد ٧ أيام من تخزينها على ٢–٥°م ولا يجوز وضع الثلج على الثمار أو خلطة بها؛ لأن ذلك يؤدى إلى تكوّن بقع مائية بها (عن Lutz & Hardenburg ١٩٨٦)

ويجب عدم تخزين البامية مع الثمار المنتجة للإثيلين، مثل الكنتالوب، والموز، والتفاح، وذلك نظرًا لحساسيتها للغاز.

كما يتعين تجنب تخزين أو شحن البامية مع الكنتالوب والبصل والبطاطس نظرًا لأن قرون البامية تكتسب الروائح التى تنبعث من تلك المنتجات (Perkins-Veazie ٢٠٠٤)

### التخزين فى الهواء المعدل والتحكم فى مكوناته

تفيد تعبئة البامية فى أغشية مثقبة — بما يسمح برفع نسبة ثانى أكسيد الكربون

إلى ما بين ٥٪، و ١٠٪ – فى زيادة فترة احتفاظها بجودتها أثناء التخزين لمدة أسبوع إضافى، إلا أن زيادة نسبة ثانى أكسيد الكربون عند تلك الحدود يؤدى إلى ظهور طعم غير مرغوب بالقرون.

وقد فقدت قرون الباميـة التـى خزنـت فـى ٥٪ أكـسجين + ١٠٪ ثـانى أكـسيد الكربون على ١٠±١°م قدرًا أقل من وزنها، واحتفظت بمحتواهـا مـن المـواد الـصلبة والكلورفيل بدرجة أكبر، وكانت لزوجة الهـلام النبـاتى فيهـا أعلـى، مقارنـة بتلـك التى خزنت فى الهواء العادى فى الحرارة ذاتها. كذلك قلّ فى الثمـار المخزنـة فـى الهواء المتحكم فى مكوناته التغير نحو الصلابة toughness، والتليف fibrousness، والتحلل الميكروبى، وإنتاج الإثيلين. كما احتفظت القرون المخزنة فى الهواء المتحكم فى مكوناته بمحتواهـا مـن الـسكريات، والبروتينـات الذائبـة، والأحمـاض الأمينيـة بدرجة أكبر، وكان فقدها لكل من حامض الستريك والماليـك والأسـكوربيك أقـل ممـا فى الثمار التى خزنت فى الهـواء العـادى علـى درجـة الحـرارة ذاتهـا ( Baxter & Waters ١٩٩٠).

## الحرنكش

### التغيرات المصاحبة لنضج الثمرة

خـلال فـترة ثمـانى أسـابيع مـن نمـو وتطـور ثمـرة الحـرنكش husk tomato أو tomatillo (الاسم العلمى *Physalis ixocarpa*) صـنف Rendidora، انخفـض محتـوى الثمار من كل من الكلورفيل والكاروتين، بينما ازداد محتواها من السكر إلى ٧٪ بسبب تراكم السكريات غير المختزلـة، وازدادت كـذلك الحموضـة المعـايرة إلى أن وصلـت إلى ١,٣٪ فى الأسبوع الثامن. أما محتوى البكتين الكلى فقد وصل إلى أعلى مستوى لـه – وهو ١,١٪ – بنهاية الأسبوع السادس. ولقد كان محتوى حامض الاسكوربيك منخفضًا وتراوح بين ٣، و ٤ مجم/١٠٠جـم دون أن تحـدث فيـه تغيرات أثنـاء تطـور الثمـرة (Cantwell وآخرون ١٩٩٢).

### الحصاد

تحصد ثمرة الحرنكش بعد اكتمال نضجها وهى برتقالية اللون، ولكنها تحصد لأجل الاستعمال فى الدول الناطقة بالإسبانية وهى مكتملة التكوين، ولكن وهى مازالت خضراء، وقبل أن تتلون بالأصفر (بين الأسبوعين الخامس والثامن من تطور الثمرة، أو عندما تكون الثمرة قد شغلت معظم غلافها)؛ ذلك لأنها تستعمل أساسًا بإضافتها إلى المطبوخات لتكسبها طعمًا خاصًا.

## التنفس وإنتاج الإثيلين

يقدر تنفس ثمار الحرنكش الناضجة بالملليجرام ثانى أكسيد الكربون لكل كيلو جرام من الثمار فى الساعة بنحو ٦–٧ مجم على ٥°م، و ٧–١٠ مجم على ١٠°م، و ١٥–٢٠ مجم على ٢٠°م. ويزداد معدل التنفس فى الثمار المكتملة التكوين غير الناضجة بنحو ٢٥٪ عما فى الثمار الناضجة.

وتنتج الحرنكش الإثيلين بمعدل منخفض يبلغ ٠,٥–٢ ميكروليتر لكل كيلو جرام فى الساعة على ١٠–٢٠°م فى الثمار غير المكتملة التكوين، يرتفع إلى ١–١٠ ميكروليتر فى الثمار المكتملة التكوين، وإلى ٢٠–٤٠ ميكروليتر فى الثمار الناضجة. ويؤدى تعرض الثمار الخضراء للإيثيلين إلى سرعة تلونها.

## التداول والتخزين

تُبرد الحرنكش أوليًا بالدفع الجبرى للهواء؛ بهدف المحافظة على المظهر الطازج للغلاف husk المحيط بالثمرة، علما بأن ذلك الغلاف سريعًا ما يجف فى حرارة الغرفة على الرغم من بقاء الثمرة بحالة جيدة لمدة أسبوع. وللمحافظة على نضارة كلا من الغلاف والثمرة يكون التخزين فى حرارة ٥–١٠°م ورطوبة نسبية بين ٨٠٪، و ٩٠٪، علمًا بأن أضرار البرودة تظهر على ٥°م بعد ثلاثة أسابيع، وعلى ٢,٥°م بعد أيام قليلة (Cantwell ٢٠٠٤، و ٢٠٠٧، و Cantwell وآخرون ١٩٩٢).

## القرع العسلى وقرع الشتاء

## عمليات التداول

### المعالجة

تجرى لثمار القرع العسلى، وقرع الشتاء عملية العلاج Curing بعد الحصاد، وذلك بتركها لمدة أسبوعين فى حرارة ٢٧–٢٩ْم، ورطوبة نسبية ٨٠٪–٨٥٪ فى مكان مظلل جيد التهوية. تؤدى عملية العلاج إلى تصلب جدار الثمرة؛ مما يجعلها تتحمل عمليات التداول، والتخزين (Lutz & Hardenburg ١٩٦٨).

ويستفاد من الدراسات الحديثة أن عملية العلاج التى تجرى لثمار القرع العسلى وقرع الشتاء قبل تخزينها ليست ضرورية، كما أنها ليست ضارة فى غالبية الأصناف (مثل: البترنط، والهبّارد)، ولكنها تؤثر سلبيًا على لون الجلد وقوام الثمرة وطعمها فى الـ Table Queen.

### التدريج والفرز

تدرج الثمار على أساس الحجم، والشكل، واللون. ويتم آنذاك فرز الثمار المجروحة، والمصابة بالأعفان، والزائدة النضج واستبعادها.

### المعاملات الحرارية السابقة للتخزين

يؤدى غمر ثمار القرع العسلى وقرع الكوسة فى الماء الساخن على حرارة ٥٧–٦٠ْم لمدة ثلاث دقائق إلى زيادة فترة احتفاظها بجودتها أثناء التخزين، ولكن يتعين سرعة تجفيف الثمار وتبريدها إلى درجة الحرارة التى سوف تخزن عليها بعد المعاملة مباشرة. هذا .. وتؤدى هذه المعاملة إلى التخلص من مسببات الأعفان التى قد توجد على سطح الثمار.

وقد أمكن تقليل شدة أضرار البرودة فى ثمار صنف قرع الشتاء Chungang (التابع للنوع *Cucurbita moschata*) المخزنة على ٤ْم لمدة ٢٠ يومًا، وذلك بغمر الثمار فى ماء

ساخن على حرارة ٤٠°م لمدة ٣٠ دقيقة، أو بتهيئة الثمار للتخزين البارد بوضعها على ١٥°م لمدة يومين. أدت أى من المعاملتين إلى المحافظة على صفات جودة الثمار وزيادة قدرتها على التخزين، وبخاصة معاملة التهيئة على ١٥°م، التى لم تظهر بثمارها — التى خزنت بعد ذلك على ٤°م — أية أعراض لأضرار البرودة (Lee & Yang ١٩٩٩)

## التخزين

يعتبر القرع من الخضر التى تتحمل التخزين لفترات طويلة، ولكن لا يجوز تخزينه إلاّ بعد إجراء عملية العلاج ويمكن أن تفرز الثمار أولاً، ثم تجرى عملية العلاج فى المخزن، ثم تخفض درجة الحرارة لبدء التخزين بعد انتهاء فترة العلاج.

وأفضل ظروف للتخزين هى: حرارة ١٠–١٣°م، ورطوبة نسبية تتراوح من ٥٠٪–٧٠٪، مع المحافظة على الثمار جافة أثناء التخزين. ويمكن تحقيق ذلك بالتهوية الجيدة، مع عدم زيادة الرطوبة النسبية عن الحدود المذكورة؛ لأن زيادتها تؤدى إلى تعرض الثمار للإصابة بالأعفان. تخزن الثمار فى طبقة واحدة، ويراعى فرز واستبعاد الثمار المصابة بالأعفان أولاً بأول.

ويمكن حفظ ثمار القرع العسلى — تحت هذه الظروف — لمدة ٢–٦ شهور حسب الصنف.

وتبقى ثمار مجموعة الهبّارد Hubbard — وهى من قرع الشتاء — بحالة جيدة — لمدة ٦ شهور، لا تفقد خلالها سوى حوالى ١٥٪ من وزنها.

أما ثمار مجموعة الأيكورن Acorn، مثل: تيبل كوين Table Queen (من أصناف قرع الشتاء كذلك) .. فإنها تخزن بحالة جيدة لمدة ٥–٨ أسابيع فى حرارة ١٠°م وتفقد ثمار هذا الصنف لونها الأخضر المرغوب عند تخزينها فى حرارة ١٣°م، أو أعلى من ذلك، وتكتسب لونًا أصفر، كما يتغير لون لب الثمرة فى خلال خمسة أسابيع من التخزين ورغم أنه لا يحدث اصفرار مماثل عند تخزين الثمار فى درجة الصفر المئوى

.. إلا أنها تصاب بأضرار البرودة، وتتعرض للإصابة بالعفن لدى إخراجها من المخزن (Lutz & Hardenburg ١٩٦٨).

ويخزن قرع الشتاء الـ Butternut بحالة جيدة لمدة ٥–٨ أسابيع على حرارة ١٠°م. ورطوبة نسبية ٥٠٪، مع مراعاة ألا تزيد نسبة الفقد في الوزن عن ١٥٪.

وفي الظروف الجيدة تحتفظ ثمار قرع الشتاء الكابوشا Kabocha، والتوربان Turban، والبتركب Buttercup بجودتها لمدة لا تقل عن ثلاثة أشهر.

ويناسب تخزين ثمار قرع الشتاء من طراز الإسباجيتى Spaghetti (الذى ينتمى إلى النوع *C. pepo*) رطوبة نسبية منخفضة لتحقيق أعلى جودة وأقل إصابة بالأعفان. كما تزداد الإصابة بالأعفان فى حرارة ٤°م عما فى حرارة ١٠°م بسبب تعرض الثمار فى الحرارة المنخفضة لأضرار البرودة (Lin & Saltveit ١٩٩٧).

ولا يجب تخزين ثمار قرع الشتاء ذات الجلد الأخضر اللون (مثل الهبّارد) بالقرب من الثمار المنتجة للإثيلين مثل التفاح حتى لا يتغير لون جلدها إلى اللون الأصفر البرتقالى بفعل الإثيلين.

## التغيرات المصاحبة لنضج الثمار، ومعالجتها، ومعاملتها حرارياً، وتخزينها

تمر ثمار القرع العسلى وقرع الشتاء بعديد من التغيرات الفسيولوجية والفيزيائية أثناء نضجها، ومعالجتها، وتخزينها، وبعد معاملتها حرارياً؛ الأمر الذى يؤثر على جودتها وصفاتها الأكلية، وتتضح تلك التغيرات من استعراضنا لبعض الدراسات التى أجريت فى هذا المجال على طرز صنفية مختلفة، كما يلى:

⊙ من أهم أصناف طراز قرع الشتاء من طراز الإسباجيتى spaghetti (وهو: *Cucurbita pepo*) كلا من: Vegetable Spaghetti، و Go-Getti، و Orangetti. وبمقارنة هذه الأصناف عند حصادها وهى نصف ناضجة (٣ أسابيع بعد العقد) أو

مكتملة النضج (٦ أسابيع بعد العقد)، مع طهيها في درجة غليان الماء لمدة ١٠، أو ٢٠، أو ٣٠ دقيقة، إما بعد الحصاد مباشرة وإما بعد شهر أو شهرين من التخزين .. وجد أن الثمار النصف ناضجة غير المخزنة كانت ذات شرائط noodles اقل سمكًا وصلابة، وأسرع فقدًا لقوامها بالطهي عن شرائط الثمار المكتملة النضج. وأدى تخزين الثمار النصف ناضجة إلى تحسين جودة الشرائط إلى مستوى مماثل لمستوى الجودة فى شرائط الثمار المكتملة النضج. وقد كانت شرائط الصنف Orangetti أرفع من شرائط الصنفين الآخرين وتطلبت وقتًا أقل لطهيها (Edelstein وآخرون ١٩٨٩).

◎ قام Nagao وآخرون (١٩٩١) بمعالجة ثمار قرع الشتاء من صنف Ebisu (الذى ينتمى للنوع *Cucurbita maxiam*) على حرارة ٢٠، أو ٢٥، أو ٣٠°م لفترات مختلفة، وذلك قبل تخزينها على حرارة تراوحت بين ٧,٥، و ١٥°م. وقد وجدوا أن محتوى الثمار من النشا انخفض أيًا كانت حرارة التخزين، بينما ارتفع محتوى السكر إلى حد أقصى ثم انخفض. وكانت صفات الثمار الأكلية فى أفضل حالاتها عندما تساوى محتوى النشا مع محتوى السكر. كما كانت معاجة الثمار في الحرارة العالية ولفترات طويلة أكثر كفاءة في تحويل النشا إلى سكر، وفي منع حدوث الأعفان. هذا في الوقت الذى ازداد فيه محتوى الثمار من كل من السكريات المختزلة والسكريات الكلية عندما كان التخزين فى الحرارة المنخفضة. وفى كل درجات حرارة التخزين وصل تركيز البيتا كاروتين إلى أعلى مستوى له بعد ٤٣ يومًا، حيث بلغ حينئذٍ ٢–٣ أمثال تركيزه عند الحصاد. هذا . ولم تظهر أية أعراض لأضرار البرودة فى الثمار التى خزنت على ٧,٥°م. وقد ازداد الفقد الرطوبى بزيادة حرارة التخزين. وكانت الحرارة المثلى للتخزين هى ١٠ ± ٢,٥°م.

◎ عامل Arvayo-Ortiz وآخرون (١٩٩٤) ثمار صنف قرع الشتاء Delica (التابع للنوع *C maxima*) بعد حصادها بالغسيل، ثم بالتخزين على ٢٢°م، و ٦٧٪ رطوبة نسبية لمدة ١٠ أيام، ثم بالغمر فى الماء الساخن على ٥٠°م لمدة صفر، أو ٣، أو ٦، أو ٩، أو ١٢ دقيقة، ثم بالتخزين على ١٠ أو ٢٠°م و ٧٥٪ رطوبة نسبية لمدة ٤، أو ٨،

أو ١٢ أسبوعًا. وقد حدث أعلى فقد فى الوزن — وهو ١١,٣٪ — فى الثمار التى لم تعامل بالماء الساخن عندما خزنت على ٢٠°م لمدة ١٢ أسبوعًا. وقد قدر متوسط الفقد فى الوزن (أيًّا كانت مدة معاملة الغمر فى الماء الساخن) فى الثمار التى خزنت على ٢٠°م لمدة ٤، و ٨، و ١٢ أسبوعًا بنحو ٣,٦٪، و ٧,٢٪، و ١٠,٢٪، على التوالى، مقارنة بمتوسط فقد فى الوزن قدره ٣,٤٪، و ٦,٨٪، و ٧,٦٪ فى الثمار التى خزنت على ١٠°م. كذلك ازداد محتوى الثمار من البيتا كاروتين من ٣٦,٢ مجم/جم بعد ٤ أسابيع من التخزين إلى ٥٤,٢ مجم بعد ٨ أسابيع، ولكنه انخفض إلى ٤٢,٨ مجم بعد ١٢ أسبوعًا، وذلك كمتوسط عام لكل المعاملات وحرارة التخزين. هذا بينما انخفض محتوى الثمار من الكلوروفيل بارتفاع حرارة التخزين وزيادة مدته. ولم تؤثر مدة معاملة الغمر فى الماء الساخن على أى من الفقد فى الوزن، أو محتوى الثمار من البيتا كاروتين والكلوروفيل أو الإصابة بالأعفان بأى من الـ *Aspergillus* ssp. أو الـ *Rhizopus* spp.، ولكن الأعفان المتسببة عن الإصابة بأى من هذين الفطرين كانت أقل، كما كان مظهر الثمار أفضل عندما كان التخزين على ١٠°م مقارنة بالتخزين على ٢٠°م.

● قام Harvey وآخرون (١٩٩٧) بمتابعة التغيرات فى صفات الجودة لثمار صنف قرع الشتاء Delica، وذلك أثناء نموها وبعد حصادها. وقد وجد أن ترك الثمار لفترة أطول دون حصاد كان مصاحبًا بزيادة فى صلابة القشرة، وشدة احمرار اللب، ومحتوى الثمار من كل من المادة الجافة (ولكنها انخفضت بعد وصولها إلى حد أقصى)، والمواد الصلبة الذائبة والسكروز، وخصائص الطعم الأكلية. وبعد الحصاد استمرت الزيادة فى كل من لون اللب الأحمر، ومحتوى الثمار من كل من المواد الصلبة الذائبة والسكروز، ولكن مع انخفاض فى محتواها من كل من النشا والمادة الجافة. ولم تحدث زيادة جوهرية فى محتوى الثمار من النشا والمادة الجافة بعد ٤٠ يومًا من الإزهار. وقد بدا أن صلابة القشرة والساعات الحرارية المتراكمة كانتا أفضل الدلائل لتقدير الموعد المثالى للحصاد، حيث لزم ما بين ٢٤٠، و ٣٠٠ وحدة حرارية يومية من

الإزهار حتى موعد القطف. وتطلب قطف الثمار فى تلك المرحلة مرور فترة تستكمل فيها نضجها بعد الحصاد لحدوث التغيرات المطلوبة فى الحلاوة والقوام.

○ أكملت ثمار صنف قرع الشتاء Delica (وهو من طراز الـ Buttercup) نموها وتراكم النشا والمادة الجافة بها خلال الشهر الأول بعد العقد، وشهدت تلك الفترة تناقصًا مستمرًا فى معدل تنفس الثمار. أما خلال مرحلة اكتمال نمو الثمار – والتى استمرت لمدة شهر آخر بعد ذلك (من اليوم الثلاثين إلى اليوم الستين بعد العقد) – فقد ظل محتوى الثمار من النشا والمادة الجافة ثابتًا تقريبًا خلالها، بينما بدأ تراكم السكروز. وشهدت مرحلة نضج الثمار (التى استمرت بعد ذلك من اليوم الستين حتى حوالى اليوم المائة بعد العقد) تحلل النشا فى الثمار، وزيادة معنوية – ظلت ثابتة – فى نشاط الإنزيمين sucrose synthase، و sucrose phosphate synthase، مع استمرار تراكم السكروز (Irving وآخرون ١٩٩٧). وقد أوضحت دراسة لاحقة (Irving وآخرون ١٩٩٩) أن تحلل النشا فى قرع البتركب يتم إنزيميًا، وأن الألفا أميليز α-amylase هو الإنزيم الأوّلى المسئول عن بدء التحلل.

○ تناسب شدة الإصابة بأضرار البرودة فى ثمار قرع الشتاء (من *Cucurbita moschata*) عكسيًا مع درجة الحرارة أثناء فترة التخزين التى استمرت لمدة ٢٠ يومًا، وذلك من أكثر من ٩٠٪ عند التخزين على ٢°م إلى ٤٥٪ فى ٥°م وإلى أقل من ٥٪ عند التخزين على ١٠°م، بينما لم تظهر أية أعراض للإصابة بأضرار البرودة على الثمار التى خزنت على ١٢°م لمدة ٢٠ يومًا. وبالنسبة للتخزين على ٢، و ٥°م . أدى وضع الثمار فى هواء يحتوى على ١٪، أو ٣٪ ثانى أكسيد كربون مع ١٪ أكسجين إلى تقليل أضرار البرودة إلى ٥٪ بعد ٢٠ يومًا من التخزين وكانت الثمار صالحة للتسويق. وقد ازداد إنتاج ثانى أكسيد الكربون، والإثيلين، وازداد التسرب الأيونى مع الإصابة بأضرار البرودة. كما لوحظ تواجد الأسيتالدهيد والكحول الإثيلى بتركيزات منخفضة فى ثمار جميع المعاملات، وازداد تركيزهما بعد نقل الثمار إلى ٢٠°م لمدة يوم واحد، هذا إلاّ أن التخزين فى الهواء المتحكم فى مكوناته أدى إلى تثبيط تلك الزيادة فى

تركيزهما. وقد كان الهواء المعدل الذى يحتوى على ١٪ أو ٣٪ ثانى أكسيد كربون + ١٪ أكسجين هو الأفضل للمحافظة على صفات جودة الثمار المخزنة على ١٢°م ( Lee & Yang ١٩٩٨).

● قام Wright & Grant (١٩٩٩) بدراسة تأثير تخزين ثمار قرع الشتاء من صنف Delica فى حرارة ٥، و ١٠، و ١٥، و ٢٠، و ٢٥°م لمدة ٧ أيام، أو ١٤، أو ٢١، أو ٢٨ يومًا، ثم بعد ذلك قاموا بتخزين الثمار على ١٢-١٤°م لمدة ١٤ يومًا لمحاكاة الشحن البحرى (من نيوزيلندا إلى اليابان)، ثم وضعها لمدة ٧ أيام فى الحرارة العادية (١٥-٢٠°م) قبل تقييمها. وقد وجدوا أن أعفان الثمار المتسببة عن فطرى الـ *Penicillium*، والـ *Botrytis cinerea* لم تظهر إلاّ فى الثمار التى خزنت على ٥ أو ١٠°م قبل فترة محاكاة الشحن بسبب أضرار البرودة التى حدثت فى تلك الظروف، وظهرت درجات مختلفة من إصابات الأعفان على جميع الثمار التى خزنت على ٥°م لمدة ٢٨ يومًا. وباستثناء تلك التى خزنت على ٥°م فإن معدل الفقد فى وزن الثمار ازداد بزيادة فترة التخزين على أى من درجات الحرارة الأخرى، وبارتفاع درجة الحرارة. وقد بقيت نسبة المادة الجافة ثابتة نسبيًا (٢٩,٠٪-٣٣,٥٪) فى جميع المعاملات. وبينما بقيت نسبة المواد الصلبة الذائبة ثابتة كذلك بين ١٠٪ و ١١٪ فى كل المعاملات الحرارية بين ٥، و ١٥°م، فإنها ارتفعت إلى ١١,٥٪ عندما كان التخزين على ٢٠°م، وإلى ١٣٪ عندما كان التخزين على ٢٥°م. كذلك أصبح لون لب الثمار البرتقالى أكثر دكنة خلال التخزين، وازدادت سرعة التغير اللونى بارتفاع درجة حرارة التخزين ومدته. وبينما لم يتغير لون جلد الثمار التى خزنت على ١٠°م قبل فترة محاكاة الشحن، فإنه أصبح أقل اخضرارًا وأكثر اصفرارًا فى درجات الحرارة الأخرى مع زيادة فترة التخزين.

● قام Bycroft وآخرون (١٩٩٩) بتدفئة ثمار صنف قرع الشتاء Delica فى الهواء على حرارة ٣٠ أو ٣٣°م لمدة ١-٧ أيام، ثم تخزينها على حرارة ١٢°م حتى ٧ أسابيع، بينما بقيت ثمار الكنترول على حرارة ١٢°م من وقت حصادها. وقد وجدوا

أن محتوى الثمار من السكروز (على أساس الوزن الجاف) كان أعلى بنسبة ٢٥٠٪ فى الثمار التى أعطيت المعاملة الحرارية عما فى ثمار الكنترول. كذلك ازداد تراكم السكروز بزيادة فترة المعاملة الحرارية، واستمر تراكمه خلال فترة التخزين التى أعطيت المعاملة الحرارية. وقد وجد ارتباط قوى بين محتوى الثمار من السكروز ودرجة الجودة والقبول فى اختبارات التذوق. كذلك أدت المعاملة الحرارية إلى زيادة التلون الأحمر المصفر باللب، وأدى ذلك مع زيادة محتوى السكروز إلى زيادة درجة القبول فى اختبارات التذوق.

## اليقطين

اليقطين (أو الشجر) – وهو ضرب من القرع – يسمى فى الإنجليزية white flowered gourd (الجورد ذو الأزهار البيضاء)، و bottle gourd (جورد أو قرع الزجاجة)، ويطلق عليه علميًّا – اسم *Lagenaria siccraria*.

ينتج النبات الواحد من ١٠–١٥ ثمرة صالحة للقطف فى طور النضج الاستهلاكى، يتراوح وزن كل منها بين ٠,٥–١,٥ كجم ويبلغ متوسط محصول الفدان حوالى ٢٥ طنًّا من الثمار باعتبار كثافة زراعة مقدارها ٦٠٠ نبات/فدان (Tindall ١٩٨٣).

وتتراوح فترة صلاحية معظم الأصناف للتخزين بين ٨، و ١٢ يومًا على حرارة ٢٥±٤°م، بينما تزداد فترة الصلاحية للتخزين كثيرًا على حرارة ٥±٢°م. ويعتبر الصنف Summer Long Green من أكثر أصناف اليقطين صلاحية للتخزين، حيث تحتفظ ثماره بجودتها لمدة ١٢ يومًا على حرارة ٢٥±٤°م، و ٢٤ يومًا على حرارة ٥±٢°م (Bhatnagar & Sharma ١٩٩٧).

## الشمام المر

يعرف الشمام المر فى الإنجليزية باسم bitter melon، و bitter gourd، واسمه العلمى *Momordica charanita*.

## الحصاد

تحصد ثمار الشمام المر بعد ٨-١٠ أيام من العقد، حينما يبلغ طولها من ١٠-١٥ سم، وقطرها من ٤-٦ سم. ووزنها من ٨٠-١١٥ جم حسب الصنف. وإذا تأخر حصاد الثمار عن هذه المرحلة من النضج . فإنها تصبح إسفنجية القوام، وأكثر مرارة، وتفقد قيمتها التسويقية. كما أن ترك الثمار دون حصاد يمنع عقد ثمار جديدة على النبات.

## التخزين

إن أفضل حرارة لتخزين الثمار هي ١٠°م، وهي تتعرض لأضرار البرودة إذا خزنت في درجة حرارة أقل من ذلك (Johnson ١٩٨٥).

وقد أظهرت ثمار الشمام المر التي خزنت لأكثر من ثمانية أيام على ٧,٥°م أعراضًا شديدة للإصابة بأضرار البرودة (تحلل، وتغيرات لونية). وزيادة في معدل التنفس وإنتاج الإثيلين بعد نقلها إلى ١٥°م. وحافظت الثمار التي خزنت على ١٠ أو ١٢,٥°م على أفضل نوعية، أما تلك التي خزنت على ١٥°م فقد استمرت بها التغيرات الحيوية مثل فقد اللون الأخضر والتشقق. وقد حافظت الثمار غير الناضجة على صفات الجودة بعد الحصاد بصورة أفضل من تلك التي كانت في مرحلة اكتمال التلون بالأخضر. كما حافظت الثمار التي خزنت لمدة ٣ أسابيع في هواء يحتوي على ٢,٥٪ أكسجين مع ٢,٥٪ أو ٥٪ ثاني أكسيد كربون على لونها الأخضر بصورة أفضل، وكانت إصابات الأعفان وتشققات الثمار فيها أقل مقارنة بما كان عليه الحال في الثمار التي خزنت في الهواء العادي (Zong وآخرون ١٩٩٥).

وقد وجد في نفس الدراسة (Zong وآخرون ١٩٩٥) أن معدل تنفس الثمار يقدر بنحو ١٥، و ٤٠ ميكروليترًا من ثاني أكسيد الكربون/جم في الساعة على ١٠، و ٢٠ °م، على التوالي، وأن معدل إنتاجها للإثيلين يتراوح — في ذلك المدى الحراري — بين ٠,٠١، و ٠,٣ نانوليتر لكل جرام في الساعة.

### الشحن

يجب تبريد الحاويات التى تستخدم فى شحن الشمام المر إلى ١٠°م، وألا تزيد حرارتها عن ١٢°م، مع توفير تهوية بمعدل ١٠م³/ساعة (٥ قدم³/دقيقة) فى الحاويات الـ ٢٠ قدم، وبمعدل ١٥ م³/ساعة (١٠ قدم³/دقيقة) فى الحاويات الـ ٤٠ قدم، ومع توفير رطوبة نسبية ٨٥٪–٩٥٪، علما بأن مدة الشحن والتخزين لا يجب أن تزيد عن ١٤–٢١ يوما (Optimal Fresh ٢٠٠١ – الإنترنت).

## اللوبيا

### الحصاد

يتوقف موعد وطريقة الحصاد على الغرض من الزراعة كما يلى.

#### حصاد اللوبيا لغرض استعمال القرون الخضراء

يبدأ الحصاد بعد نحو ٢–٣ أشهر من الزراعة، ويستمر كل ثلاثة أيام لمدة ٢–٣ أشهر أخرى وقد يجرى الحصاد آليًا بآلات تشبه آلات حصاد البسلة الخضراء، ولكن يكون المحصول منخفضًا. ويصاحب نضج قرون اللوبيا نقص نسبة الرطوبة فى البذور، وزيادة نسبة النشا والمواد الصلبة غير القابلة للذوبان فى الكحول.

#### حصاد اللوبيا لغرض استعمال البذور الخضراء

إذا أجرى الحصاد يدويًا فإن ذلك يكون فى حوالى اليوم التاسع عشر من تفتح الزهرة، عند اختفاء اللون الأخضر من القرون، وبعد اكتمال نمو البذور، ولكن قبل تصلبها وجفاف القرون.

وفى الولايات المتحدة تحصد حقول اللوبيا المزروعة لأجل استعمال البذور الخضراء آليًا ويعتبر أنسب موعد للحصاد هو عندما تفقد القرون جزءًا من لونها الأخضر وتصبح باهتة جزئيًا، ولكن لا يجب تأخير حصادها أكثر مما ينبغى حتى لا تصبح زائدة النضج (كأن يصبح لونها قرمزى داكن فى الأصناف القرمزية) لأن بذورها تكون

جافة ونشوية وغير مقبولة، كما أن القرون الصغيرة الخضراء تكون بذورها صغيرة وغير مقبولة كذلك لا فى التعليب ولا فى الاستهلاك الطازج ويجرى الحصاد – عادة – عندما تكون ٣٠٪–٤٠٪ من القرون ناضجة.

## التداول والتخزين

تخزن قرون اللوبيا وبذورها الخضراء فى الظروف ذاتها التى تخزن فيها قرون الفاصوليا وبذورها الخضراء، وتعطى معاملات بعد الحصاد التى تعطاها الفاصوليا الخضراء

# الفاصوليا الليما

## النضج والحصاد

### الحصاد اليدوى لأجل المحصول الأخضر

يجرى حصاد الفاصوليا الليما التى تزرع لأجل استعمال البذور الخضراء بعد أن تصل إلى أقصى حجم لها، ولكن قبل أن يبدأ تحول القرون إلى اللون الأصفر. يبدأ الحصاد عادة ٧٠–٩٠ يومًا من الزراعة، ويستمر كل ٧–١٠ أيام لعدة أسابيع. وتقطف الأصناف القصيرة عادة ٤–٥ مرات، بينما يؤخذ عدد أكبر من الجمعات من الأصناف الطويلة

ويجب أن تحتوى البذور عند حصادها للاستهلاك الطازج على حوالى ٢٠٪–٣٠٪ مادة جافة.

### الحصاد الآلى لأجل المحصول الأخضر

لا يجرى الحصاد الآلى للفاصوليا الليما إلاّ لغرض التصنيع، ويكون ذلك مرة واحدة، وهو ما يعنى أن القرون تكون فى درجات متفاوتة من النضج. ويتحدد موعد إجراء الحصاد الآلى على أساس الموازنة بين كمية المحصول ونوعيته؛ لأن أى تأخير فى الحصاد يعنى زيادة فى كمية المحصول مع تدهور فى نوعيته وأفضل موعد لذلك

هو عندما تصبح ٣٪–٥٪ من البذور بيضاء اللون، علمًا بأنه مع زيادة نضج البذور تزيد نسبة النشا، وتقل نسبة السكر، ويتغير لون البذور من الأخضر القاتم إلى الأخضر الفاتح فالأبيض، ولا تصلح البذور البيضاء للحفظ بالتجميد، أو بالتعليب

وكقاعدة عامة .. يؤدى الحصاد عند جفاف ١٠٪ من القرون إلى إنتاج أعلى محصول من البذور العالية الجودة

ويذكر آخرون أن أفضل موعد لإجراء الحصاد الآلى – لأجل التصنيع – هو عندما تصبح بذور ٣٠٪–٤٠٪ من القرون صفراء ومبرقشة بالبنفسجى الفاتح؛ حيث يمكن – حينئذٍ – الحصول على أعلى نسبة تصافى

ويجب أن تكون البذور ذاتها براقة ورطبة وذات قصرة يسهل خرقها بالأظافر أما القرون التى تصبح بلون بنى فاتح فإن بذورها تكون جافة وزائدة النضج وغير صالحة للاستهلاك الطازج

وتجدر الإشارة إلى أن القرون التى تظهر بها بقع بنية صدئة أو أى تغيرات أخرى فى اللون أو فى الملمس تكون قد تعرضت للإصابات المرضية أو للأضرار، وربما تكون قد بدأت فى التدهور، ويتعين استبعادها

وقد انتشر استعمال آلات حصاد الفاصوليا الليما التى تقوم بتمشيط القرون من النباتات، على الرغم من أنها تسبب فقدًا كبيرًا فى المحصول يصل إلى حوالى ٢٤٪ من المحصول الكلى فضلاً عن تضمن المحصول الناتج من عملية الحصاد الآلى على بقايا نباتية غير مرغوب فيها بنسبة تصل إلى ١٣٪ بالوزن. هذا . وتتباين أصناف فاصوليا الليما فى مدى صلاحيتها للحصاد الآلى (Glancey وآخرون ١٩٩٧)

ويتم عند الحصاد قطع النموات الخضرية آليًّا وتكويمها جانبيًّا، ثم جمعها آليًّا لفصل قرونها وتقشيرها آليًا كذلك. كما تتوفر حاليًّا آلات تقوم بجمع القرون من النموات الخضرية مباشرة.

هذا ويتراوح محصول الفدان بين ٣، و ٤ أطنان من القرون الخضراء

## التداول

### تقشير القرون

رغم أن بذور الفاصوليا الليما تحتفظ بجودتها لفترة أطول وهي في القرون .. إلاّ أن بعض الأسواق تتطلب بذورًا مستخلصة من القرون. وتجرى عملية التقشير — آليًا — إلا أن الآلة قد تضر بالبذور، وتؤدى إلى انفصال الفلقات. تعبأ البذور المقشرة في عبوات المستهلك مباشرة.

### التبريد الأولى

يتعين تبريد قرون فاصوليا الليما أوليًا في خلال ساعتين من حصادها ويفضل أن يجرى ذلك بطريقة الدفع الجبرى للهواء، مع إمكان التبريد بالماء البارد إذا استمرت سلسلة التبريد دونما انقطاع بعد ذلك

## التخزين

تعتبر الفاصوليا الليما من الخضر الحساسة لأضرار البرودة، كما تعد القرون أكثر حساسية عن البذور، ولذا .. يجب أن تتراوح حرارة تخزين القرون الكاملة بين ٥، و ٦°م، ورطوبة نسبية ٩٠٪–٩٥٪، حيث تحتفظ بجودتها لمدة ٦ أيام. وتجب سرعة استعمال القرون بعد إخراجها من المخزن، نظرًا لأن لونها يتغير بسرعة حينئذ (عن Lutz & Hardenburg ١٩٦٨ بتصرف).

أما بذور فاصوليا الليما المعدة للاستهلاك الطازج فإنها تخزن على ٣–٥°م، و ٩٥٪ رطوبة نسبية، حيث تحتفظ بجودتها لمدة ١٠ أيام.

وتعتبر حرارة ٣–٥°م لتخزين البذور وسطًا بين الحرارة الأقل من ذلك التي تحدث عندها أضرار البرودة، والحرارة الأعلى من ذلك التي يزداد معها معدل تدهور البذور. ويصاحب تدهور البذور ظهور نقط بنية صدئة عليها، يزداد ظهورها بشدة في حرارة ٢١°م، حيث تصبح البذور مبقعة ولزجة.

ويتم أحيانًا تخزين البذور في أكياس من البوليثيلين المثقب، حيث يزداد بداخله تركيز ثاني أكسيد الكربون – نتيجة لتنفس البذور – إلى ٢٥٪–٣٠٪، الأمر الذى يقلل من تبقع البذور ويثبط النموات البكتيرية والفطرية التي تؤدى – عند تواجدها – إلى لزوجة البذور

## الذرة السكرية

تتراوح الفترة من الزراعة إلى الحصاد بين ٧٠ و ١١٠ يومًا في معظم الأصناف المبكرة ويصعب على الشخص غير المجرب – عادة – تحديد مرحلة النضج المناسبة للحصاد دون إزالة الأوراق المغلفة للكوز، وفحص الحبوب. والمتبع – عادة – هو فحص عدة كيزان بين آونة وأخرى، مع اقتراب الحقل من مرحلة النضج المناسبة للحصاد.

## علامات مرحلة التكوين المناسبة للحصاد

إن من أهم علامات وصول الكوز إلى مرحلة النضج المناسبة للحصاد . بلوغه أقصى حجم له (وهو ما يتوقف على الصنف)، والتفاف الأوراق المغلفة حوله جيدًا، وبدء جفاف الحريرة، واكتمال امتلاء الحبوب، وإذا ثقبت الحبوب فإنه يخرج منها سائل لبنى المظهر (milk stage)، بينما يكون السائل مائيًا رقيقًا قبل هذه المرحلة ( permilk stage)، وتخرج من الحبوب مادة عجينية doughty رقيقة في الأطوار التالية. ويلزم – بطبيعة الحال – الاكتفاء بعلامات النضج الخارجية – فقط – بعد أن يكتسب العمال القائمون بعملية الحصاد خبرة في هذا الأمر. ويلاحظ أن التأخير في الحصاد عن طور النضج اللبنى milk stage يتبعه تحول النشا إلى سكر، وصلابة قشرة الحبة، ثم تحول الحبة – سريعًا – إلى الطور العجينى المبكر، ثم الطور العجينى dough stage

وتصل الكيزان إلى مرحلة النضج المناسبة للحصاد – عادة – بعد ٢–٣ أسابيع من بروز النورات المذكرة tasseling في الجو الدافئ، وبعد ٤–٥ أسابيع في الجو المائل إلى البرودة. علمًا بأن بروز النورات المذكرة يكون عادة قبل خروج الحريرة silking

بنحو ٣-٤ أيام. ويمكن القول - عامة - إن كيزان الذرة السكرية تكون جاهزة للحصاد بعد نحو ١٨-٢٤ يومًا من ظهور الحريرة حسب الحرارة السائدة. وتكون الحبوب حلوة، ولكنها صغيرة، وغير ممتلئة في الطور قبل اللبني، بينما تكون نشوية وقليلة الحلاوة وصلبة - نسبيًّا - في الطور العجيني.

يكون الحصاد في الطور اللبني بالنسبة لكل من محصول الاستهلاك الطازج، ومحصول التصنيع المعد للحفظ بالتجميد، وفي مرحلة نضج متقدمة قليلاً (نهاية الطور اللبني)، بالنسبة لمحصول التصنيع المعد للحفظ بالتعليب على صورة حبوب كاملة، وفي مرحلة نضج أكثر تقدمًا (بداية الطور العجيني) بالنسبة لمحصول التصنيع المعد للحفظ على صورة كريم creamy style. ويجب أن يتم التصنيع في جميع الحالات بعد الحصاد مباشرة.

يكون حصاد الذرة السكرية خلال فترة قصيرة من مراحل تكوينه، ويؤدي حصاده قبلها إلى أن يكون فاقدًا للطعم (يكون مائي المذاق)، كما يؤدي حصاده بعدها إلى أن يكون نشويًّا. ويتميز طراز الـ sh2 بإمكان حصاده في مدى أوسع من التكوين دون أن يكون لذلك تأثير على مذاقه (Purdue University ٢٠٠٧ - الإنترنت).

ويلزم مرور حوالي ٣٠ يومًا أخرى من التوقيت المناسب لحصاد الذرة السكرية للاستهلاك إلى حين اكتمال تكوين البذور (عند إنتاج محصول البذور).

وتتوفر وسائل أخرى كمية تستعمل في تحديد مرحلة النضج المناسب للحصاد - بدلاً من الاعتماد على الفحص المظهري المعتمد على الخبرة ووجهات النظر - ولكنها لا تتبع إلا في المساحات الكبيرة التي تحصد آليًّا لأجل التصنيع.

**ومن بين هذه الوسائل الكمية المستعملة في تحديد مرحلة النضج المناسبة للحصاد، ما يلي:**

١ - تقدير نسبة الرطوبة في الحبوب:

يرتبط محتوى الحبوب من الرطوبة بمدى عصيريتها (طراوتها)؛ ولذا .. تعد نسبة

الرطوبة في البذور أهم الخصائص المحددة لمدى نضج الذرة السكرية وجودته عند تحديد الموعد المناسب للحصاد لكل من الاستهلاك الطازج والتصنيع تحتوى الحبوب فى طور التكوين المناسب للحصاد على ٧٢٪-٧٦٪ رطوبة، ويكون حصاد الأصناف التى تحتوى على الطفرة sh2 عند الحد الأعلى للرطوبة وبانخفاض رطوبة الحبوب عن ٧٢٪ .. يحدث تدهور فى كل من مذاق الحبوب، وقوامها، ولونها، وكذلك فى نوعية الإندوسبرم

ويلزم عند اتخاذ رطوبة الحبوب كمقياس لدرجة نضجها أن يتبع فى تقديرها أكثر الطرق سرعة، مثل طريقة التجفيف بالميكروويف التى تستغرق ثلاث دقائق فقط لاستعمالها

وقد وجد أن عدد الوحدات الحرارية المتجمعة يرتبط – خطيًا – مع محتوى الحبوب من كل من الرطوبة والمواد غير القابلة للذوبان فى الكحول (عن Ruan وآخرين ١٩٩٩).

هذا ويجرى حصاد الأصناف القياسية (su)، والممتدة الحلاوة sugary extender (se) حينما تبلغ نسبة الرطوبة في الحبوب ٧٢٪–٧٥٪ عند حصادها لأجل التصنيع، وبين ٧٥٪، و ٧٧٪ عند حصادها لأجل التسويق الطازج. أما الأصناف الفائقة الحلاوة supersweet (sh2) فإن محتواها من السكر يكون أعلى كثيرًا عما فى الطرازين السابقين، وتحتفظ به لفترة طويلة بعد الحصاد، لذا فإنها تحصد عندما تبلغ رطوبة الحبوب فيها ٧٧٪–٧٨٪ عند حصادها لأجل التسويق الطازج

تنخفض رطوبة الحبوب – عادة – بنسبة ٠,٥٪ يوميًا فى طرازى su، و se، بينما يكون معدل انخفاض الرطوبة فى حبوب طراز الـ sh2 أبطأ من ذلك هذا. ويزداد محصول الذرة السكرية القياسية (su) والممتدة الحلاوة (se) – فى المتوسط – بمقدار حوالى ٠٫٣٥٦ طن للفدان مع كل انخفاض قدره ١٪ فى رطوبة الحبوب، ولكن يتراوح المدى بين ٠,١٧٣، و ٠,٧٩٢ طن للفدان باختلاف الأصناف ومواسم النمو أما الأصناف الفائقة الحلاوة (sh2) فإن محصولها يزداد بمقدار حوالى ٠,٧٠٠ طن للفدان

مع كل انخفاض قدره ١٪ في رطوبة الحبوب، إلا أن المدى يتراوح من ٠,٢٢٥ إلى ١,٠١١ طن للفدان باختلاف الأصناف ومواسم النمو.

٢ — نسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية، وهى تقدر فى السائل اللبنى باستعمال رافراكتومتر يدوى. وتجدر الإشارة إلى أن نسبة المواد الصلبة الذائبة ترتبط — خطيًا — بمحتوى الحبوب من الرطوبة المقدرة بطريقة الأفران.

٣ — نسبة المواد الصلبة غير الذائبة في الكحول:

تعرف مكونات الحبوب التى لا تذوب في ٨٠٪ كحول باسم alcohol insoluble solids (اختصارًا: AIS)، وهى تتضمن النشا، ونصف السيليليوز hemicellulase، والبكتين، والسيليليوز. هذا .. ولا يناسب اختبار الـ AIS الأصناف الفائقة الحلاوة، بسبب انخفاض محتواها من تلك المركبات. ويقدر التغير فى الـ AIS بنحو ٢,٢٥٪ مقابل كل ٥٪ تغير في المحتوى الرطوبى.

٤ — نسبة المركبات عديدة التسكر الذائبة في الماء:

تتراوح نسبة المركبات عديدة التسكر الذائبة فى الماء water-solube polysaccharides (اختصارًا: WSP) بين ١٢٪، و ١٨٪، ويقابل ذلك محتوى رطوبى يتراوح بين ٧٤٪، و ٧٠٪. ويعد محتوى الـ WSP — كمحتوى الـ AIS — قليل الكفاءة كمقياس لدرجة النضج في الأصناف العالية الحلاوة لأنها تكون فقيرة فى محتواها من المركبات العديدة التسكر (Salunkhe & Kadam ١٩٩٨).

٥ — مدى صلابة الغلاف الثمرى الخارجى وسمكه.

٦ — درجة طراوة الحبوب succulence .. وهى تقدر بجهاز shear-press.

٧ — الكثافة النوعية.

هذا .. ويقاس محتوى السكر فى الذرة السكرية باستعمال رفراكتومتر، ويعتمد المحتوى على طراز الذرة، والصنف، ودرجة التكوين وقت الحصاد، وعمليات التداول بعد الحصاد.

ولمزيد من التفاصيل عن هذه الطرق وغيرها .. يراجع Nelson & Steinberg (١٩٧٠)، و Salunkhe & Kadam (١٩٩٨)

**وتعرف ثلاث طرز من الذرة السكرية، هي:**

١ – السكرى العادى normal sugary (susu) الذى يحتوى على الطفرة sugary1

٢ – مُحَسِّن السكر sugar enhanced (sese) الذى يحتوى على الطفرة enhancer1 بالإضافة إلى sugary1

٣ – فائق الحلاوة supersweet (sh2sh2) الذى يحتوى على الطفرة shrunken2

وقد تحتوى بعض الأصناف الحديثة على توافيق من الجينات الثلاثة وتتراوح قراءة الرفراكتومتر من ١٠٪ إلى ١٥٪ فى susu، ومن ١٣٪ إلى ٢٨٪ فى (susu/sese)، ومن ٢٥٪ إلى ٣٥٪ فى sh2sh2.

ومع اكتمال تكوين حبوب الذرة السكرية يتحول السكر تدريجيًّا إلى نشا، كما يستمر ذلك التحول بعد الحصاد، ولكن يقل معدل هذا التحول كثيرًا فى الـ sh2sh2، مما يجعله يحافظ على مستوى السكر بدرجة أكبر بعد الحصاد (Purdue Univ. ٢٠٠٧ – الإنترنت)

## صفات الجودة

يفضل المستهلك الكيزان التى تكون أغلفتها خضراء قاتمة اللون وذات أوراق علم (flag leaves) متوسطة الحجم

يكون حجم الكوز صغيرًا فى الأصناف المبكرة ويزداد مع تأخير النضج ويتراوح الطول – عادة – بين ١٥، و ٢٥ سم، والقطر بين ٣.٧٥، و ٥ سم ( Purdue University – ٢٠٠٧ – الإنترنت).

ويتباين لون حبوب الذرة السكرية بين الأصفر والأبيض وذو اللونين، وقد تكون الحبوب حمراء اللون فى أصناف قليلة خاصة. كذلك تتوفر مستويات مختلفة من اللون الواحد، فالأبيض – مثلاً – قد يكون لامعًا إلى كريمى أو عاجى، وقد تكون الحبوب شاحبة أو لامعة

ويؤدى تلقيح الأصناف البيضاء بلقاح من أصناف صفراء إلى ظهور حبوب صفراء بها، ولكن لقاح الأصناف البيضاء ليس له تأثير على الأصناف الصفراء.

ويعتمد قوام الذرة السكرية على الطرز، والصنف، ودرجة النضج عند الحصاد تحتوى حبوب الذرة السكرية على جليكوجين نباتى phytoglycogen يوفر لها القوام الكريمى المميز. ويسهم غلاف الحبة (الـ pericarp) فى الإحساس بالقوام. ويتشابه الـ pericarp فى كل من الـ su والـ se، إلا أن pericarp الـ sh قد يكون صلبا ويعطى صوتا عند مضغه (crunchy) فى بعض الأصناف. ويميل الذرة الـ su لأن يكون الـ pericarp فيه رقيقًا وسهل المضغ بدرجة أكبر مما فى الذرة الـ su.

**ونقدم – فيما يلى – مقارنة بين الطرز الثلاثة للذرة السكرية فى بعض صفات الجودة (عن Brecht ٢٠٠٤):**

| وجه المقارنة | su1 | su1/se | sh2 |
|---|---|---|---|
| محتوى السكر | ضعف محتوى الذرة الحقلية | ضعف محتوى الـ su1 | على الأقل ضعف محتوى الـ su1 |
| عديدات التسكر الذائبة | ٨–١٠ أضعاف الذرة الحقلية | ٨–١٠ أضعاف الذرة الحقلية | شبه معدومة |
| الإندوسبرم | كريمى | كريمى | مائى |
| تمثيل النشا | عادى | عادى | مثبَّط |
| فترة الصلاحية للتخزين | ٧–١٠ أيام | ٧–١٠ أيام | ٣ أسابيع |
| الطعم بعد انتهاء الصلاحية للتخزين | نشوى | نشوى | مائى |

## طرق الحصاد

يكون الحصاد إما يدويًا، أو آليًا، ويجرى الحصاد اليدوى ٢–٣ مرات على مدى ٤–١٠ أيام للحقل الواحد، أما الحصاد الآلى .. فيجرى مرة واحدة لكل الحقل. يتبع الحصاد الآلى بالنسبة للحقول المعدة للتصنيع، بينما يتبع الحصاد اليدوى مع حقول

الاستهلاك الطازج كما قد تمر آلة فى حقول الاستهلاك الطازج لتقطيع أعواد الذرة فوق مستوى الكيزان مباشرة فى اليوم السابق للحصاد، لتسهيل العثور عليها عند الحصاد.

يجرى الحصاد اليدوى قصفًا بثنى الكوز إلى أسف، ولكن دون الإضرار بالساق الرئيسية للنبات التى يجب أن تستمر فى النمو لحين حصاد الكوز أو الكيزان الأخرى التى يحملها النبات إن وجدت

هذا . ويمكن لآلة الحصاد الواحدة حصاد نحو ١٠ أفدنة يوميًّا خلال فترة العمل العادية (٨ ساعات)، ولكن اقتناءها لا يعد اقتصاديًّا إلى فى حالات المزارع التى تزيد مساحتها عن ١٥٠ فدانًا وتجدر الإشارة إلى أن الأضرار التى تُحدثها عملية الحصاد الآلى فى المحصول المخصص للتصنيع لا تلاحظ فيه مثلما تلاحظ فى محصول الاستهلاك الطازج، ذلك لأن محصول التصنيع يتم تصنعيه فى خلال ساعات قليلة من الحصاد

تفقد الذرة السكرية جزءًا كبيرًا من محتواها من السكر سريعًا بعد الحصاد، وتزداد سرعة الفقد بارتفاع درجة الحرارة . فيكون الفقد فى حرارة ١٠°م ثلاثة أمثال الفقد فى حرارة الصفر المئوى، ويرتفع الفقد إلى ستة أمثال فى حرارة ٢٠°م، وإلى ١٢ مثلاً فى حرارة ٣٠°م، و ٢٤° مثلاً فى حرارة ٤٠°م ولذا . فإن الحصاد يجب أن يجرى فى الفترات التى تنخفض فيها درجة الحرارة فى الصباح الباكر. ويبدأ بعض كبار مزارعى الذرة السكرية فى ولاية كاليفورنيا الأمريكية حصاد حقولهم فى الساعة الواحدة بعد منتصف الليل، ويستمر العمل إلى ما قبل الظهر. وبذا تكون حرارة الكيزان عند الحصاد منخفضة بمقدار ٦-١٤°م عما لو أجرى الحصاد أثناء النهار (Sims وآخرون ١٩٧٨)

## التنفس وإنتاج الإثيلين

يتباين معدل تنفس الذرة السكرية حسب درجة الحرارة، كما يلى ( & Suslow Cantwell ٢٠٠٧)

| الحرارة (°م) | معدل التنفس (ملليلتر ثانى أكسيد كربون/كجم فى الساعة) |
| --- | --- |
| صفر | ٣٠–٥١ |
| ٥ | ٤٣–٨٣ |
| ١٠ | ١٠٤–١٢٠ |
| ١٥ | ١٥١–١٧٥ |
| ٢٠ | ٢٦٨–٣١١ |
| ٢٥ | ٢٨٢–٤٣٥ |

وتنتج الذرة السكرية الإثيلين بمعدل منخفض يقل عن ٠,١ ميكروليتر/كجم فى الساعة على ٢٠°م، كما يتأثر بالإثيلين الذى قد يتعرض له من مصادر خارجية.

## التداول

يجب أن تجرى جميع عمليات التداول بسرعة كبيرة بعد الحصاد؛ مباشرة حتى لا تتدهور نوعية المنتج؛ فينقل المحصول بسرعة إلى محطة التعبئة، ويلى ذلك تبريده – أوليًا – بشكل جيد إلى ١٠°م أو أقل من ذلك فى خلال ساعة واحدة، ثم فرزه وتدريجه، ثم تعبئته وتخزينه أو تسويقه. يجرى التبريد الأولى بطريقة الرش بالماء البارد. كما يجب التخلص من ساق الكوز الطويلة، وكذلك تقليم أوراق الكوز الخارجية الطويلة فى نهاية الكوز؛ لأنها تستنفذ الماء من الحبوب، وتُحدث فيها بعض الانكماش (يعرف باسم denting). ويكون الانكماش فى الحبوب غير مقبول إذا وصلت نسبة الفقد الرطوبى إلى ٢٪.

وإذا تأخر نقل الذرة السكرية من الحقل بعد حصاده لأكثر من ساعة وجب التخلص من حرارة الحقل والحرارة المنطلقة عن طريق التنفس بتعريض المحصول – سواء أكان محملاً على سيارات النقل، أم غير محمل – لـ "دش" قوى من مياه الآبار التى تكون حرارتها – عادة – منخفضة عن حرارة الهواء، ويكون ذلك بمعدل ٢م$^3$ من الماء لكل طن من الكيزان (Boyette وآخرون ١٩٩٠).

يتعين تبريد الذرة السكرية أوليًا إلى قريبًا من الصفر المئوى خلال ساعة من حصاده، ثم حفظه على الصفر المئوى خلال كل مراحل الشحن والتسويق التالية وبغير ذلك ينخفض محتوى الحبوب من السكر سريعًا إلى أن يصبح بدرجة غير مقبولة للتسويق. ويكون تأثر الذرة الـ sh2 بالحرارة العالية أقل من كل من الـ su والـ se

إن أسرع وسيلة للتبريد الأولى للذرة السكرية هى تحت التفريغ، ويلزم فى هذه الحالة رش المنتج بقليل من الماء قبل تعريضه للتفريغ، كما يبرد أوليًا – كذلك – بكل من الماء المثلج (بالرش أو بالغمر)، وبالثلج المجروش المخلوط مع الماء (Talbot وآخرون ٢٠٠٦)

يكون التبريد بالماء المثلج سريعًا حيث تكفى ١٣ دقيقة فقط على ٥,٥°م لخفض الحرارة فى مركز القولحة من ١٨ إلى ١١°م، بينما يستغرق ذلك القدر من التبريد نحو ٥ ساعات فى الغرف الباردة على ٤°م، إلا أن إضافة الثلج المجروش إلى عبوات الحقل قبل نقلها إلى الغرف المبردة يفيد فى إسراع التبريد والمحافظة على جودة الحبوب (عن Salunkhe & Kadam ١٩٩٨)

يلى التبريد الأولى الفرز لاستبعاد الكيزان غير المتلئة، والصغيرة الحجم، والزائدة النضج، والمصابة بالديدان وقد تجرى عملية الفرز قبل عملية التبريد الأولى إذا كان الجو معتدل الحرارة عند الحصاد.

يعبأ المحصول بعد ذلك فى صناديق خشبية أو بلاستيكية، تبلغ سعة كل منها من ٧–١١ كجم، وتوضع الصناديق فى المخازن، أو فى الشاحنات لنقلها إلى الأسواق. ويستمر التبريد فى الشاحنات بقذف كميات كبيرة من الثلج المجروش – إلى قطع صغيرة – على الطبقة العليا من العبوات، ويحدث التبريد عندما يتساقط الثلج ويذوب، حيث يتخلل الماء المثلج طبقات المحصول المعبأ فى الصناديق

## التخزين

### التخزين المبرد العادى والتغيرات المصاحبة له

يعد تحول السكر إلى نشا أهم التغيرات التى تطرأ على محصول الذرة السكرية بعد الحصاد. ولقد وجد كل من Appelman & Arthur منذ عام ١٩١٩ (عن Thompson & Kelly ١٩٥٧) أن الفقد فى السكر (بتحوله إلى نشا) يستمر فى كل درجات الحرارة، إلى أن تفقد ٦٢٪ من السكريات الكلية، و ٧٠٪ من السكروز. وتلك هى حالة التوازن التى تصل إليها المواد الكربوهيدراتية المخزنة فى الحبوب. ويؤدى رفع درجة الحرارة إلى إسراع الوصول إلى حالة التوازن هذه. وإلى أن يصل الفقد فى السكر إلى ٥٠٪ .. فإن معدل الفقد يتضاعف مع كل زيادة قدرها ١٠ درجات مئوية بين درجتى حرارة الصفر، و ٣٠°م، وهو ما يتمشى مع قانون فانت هوف Van't Hoff بالنسبة للتفاعلات الكيميائية. ويوضح جدول (١٠-١) التغيرات فى نسبة السكر بعد يوم واحد من الحصاد، مع التخزين فى درجات حرارة منخفضة.

إن أفضل الظروف لتخزين الذرة السكرية هى حرارة الصفر المئوى، ورطوبة نسبية من ٩٥٪-٩٨٪. وتفضل إضافة الثلج المجروش على قمة صناديق التعبئة. يحتفظ محصول الذرة السكرية القياسى بحالته بصورة جيدة تحت هذه الظروف لمدة ٤-٨ أيام، إلا أنه يفقد جزءًا من حلاوته. أما فى حرارة ١٠°م، فإن الذرة السكرية لا تحتفظ بجودتها لأكثر من يومين (Nelson & Steinberg ١٩٧٠). وأما محصول الذرة الـ sh2 فيحتفظ بجودته على الصفر المئوى، ومع ٩٥٪-٩٨٪ رطوبة نسبية لمدة ٢١ يومًا.

وجدير بالذكر أنه بعد عدة أيام من التخزين تنخفض نسبة السكر فى الأصناف القياسية من نحو ٣٪-٥٪ إلى حوالى ٢٪-٣٪، بينما يكون الانخفاض فى الأصناف الفائقة الحلاوة (sh2) — تحت نفس الظروف — من ٧٪-١٠٪ إلى ٥٪-٦٪.

جدول (١٠-١): الفقد فى السكر بعد ٢٤ ساعة من تخزين كيزان الذرة السكرية ستولز إفرجرين Stowell's Evergreen فى درجات حرارة مختلفة.

| حرارة التخزين (°م) | النسبة المئوية للسكر | | النقص فى النسبة المئوية للسكر |
|---|---|---|---|
| | عند الحصاد | بعد ٢٤ ساعة من التخزين | |
| صفر | ٥,٩١ | ٥,٤٣ | ٠,٤٨ |
| ١٠ | ٥,٨٣ | ٤,٨٣ | ١,٠٠ |
| ٢٠ | ٦,١٧ | ٤,٥٩ | ١,٥٨ |
| ٣٠ | ٥,٣٤ | ٢,٦٥ | ٢,٦٩ |
| ٤٠ | ٦,٧٢ | ٦,٦٤ | ٣,٠٨ |

## التخزين فى الجو المتحكم فى مكوناته

يكون تخزين الذرة السكرية فى الجو المتحكم فى مكوناته – على الصفر المئوى – فى ٢٪-٤٪ أكسجين، و ٥٪-١٠٪ ثانى أكسيد كربون، إلاّ أن ذلك يتبع كثيرًا على النطاق التجارى يفيد التركيز العالى لثانى أكسيد الكربون فى تثبيط فقد السكر والكلوروفيل من أوراق الكوز، بينما تؤدى زيادته عن ذلك أو انخفاض نسبة الأكسجين عن ٢٪ إلى ظهور رائحة وطعم غير مقبولين (عن Saltveit ١٩٩٧).

## التخزين فى الجو المعدل

يتحقق التخزين فى الجو المعدل بتغليف كيزان الذرة بأنواع مختلفة من الأغشية، حيث يؤدى تنفس الحبوب إلى زيادة نسبة ثانى أكسيد الكربون ونقص نسبة الأكسجين حول الحبوب

وقد كانت أغشية البوليولفين polyoloefin (الغشاءان AM، و K-400T) أفضل من غشاء البولى فينيل كلورايد PVC كأغشية مطاطة stretch films (أغشية تلف فيها الكيزان وتلتصق بها overwrap)، حيث أدت أغشية البليولفين إلى زيادة تركيز ثانى أكسيد الكربون ونقص تركيز الأكسجين بدرجة أكبر عما كان عليه الحال عندما استعمل غشاء البولى فينيل كلورايد وقد أفاد ذلك فى نقص الإصابة بالأعفان

والمحافظة على الجودة لمدة ١٢ يومًا على حرارة ١°م، ولمدة يومين على حرارة ٢٠°م (Aharoni وآخرون ١٩٩٦)

ووجد Risse & McDonald (١٩٩٠) أن لف كيزان الذرة في الأغشية التي تنكمش shrink films كان أفضل من لفها في الأغشية المطاطة stretch films؛ إذ ازداد مع النوع الأول من الأغشية محتوى الهواء الداخلي من ثاني أكسيد الكربون وانخفض محتواه من الأكسجين بدرجة أكبر مما حدث مع النوع الثاني من الأغشية؛ وترتب على ذلك زيادة المحافظة على محتوى الحبوب من المواد الصلبة الذائبة الكلية عند التغليف بالـ shrink films.

كما كانت أفضل الظروف لتخزين الذرة السكرية هي بلف كل زوج من الكيزان معًا بالبلاستيك في صينية، ثم وضع الصواني في كراتين مبطنة بالبلاستيك وتركها على ٢°م، أدى ذلك إلى رفع نسبة ثاني أكسيد الكربون إلى المدى الموصى به وهو ٥-١٠ كيلو باسكال، وتثبيط نمو الأعفان. وأدى فتح البلاستيك المبطن للكراتين عند رفع الحرارة إلى ٢٠°م (في محاكاة لظروف عدم التبريد بعد انتهاء فترة الشحن أو التخزين) في استمرار المحافظة على مستوى ثاني أكسيد الكربون المرغوب فيه على الرغم من ارتفاع معدل التنفس، وبذا .. أمكن المحافظة على المنتج لمدة أسبوعين على ٢°م ثم لمدة ٤ أيام إضافية على ٢٠°م (Rodov وآخرون ٢٠٠٠).

# مصادر الكتاب

Abdoul Hakim, A. C. Purvis, and B. G. Mullinix. 1999. Difference in chilling sensitivity of cucumber varieties depends on storage temperature and physiological dysfunction evaluated. Postharvest Biol. Technol. 17(2): 97-104.

Agar, I. T., K. Abak, and G. Yarsi. 1994 Effect of different maturity genes on the keeping quality of Nor (non ripening), Rin (ripening-inhibitor) and normal type tomatoes. Acta Horticulturae No. 258: 742-753.

Agar, T., F. Bangerth, and J. Streif. 1995. Effect of high $CO_2$ and controlled atmosphere concentrations on the ascorbic acid, dehydroascorbic acid and total vitamin C content of berry fruits. Acta Horticulturae No. 398: 93-100.

Aggelis, A., I. John, and D. Grierson. 1997. Analysis of physiological and molecular changes in melon (*Cucumis melo* L.) varieties with different rates of ripening. Journal of Experimental Botany 48(308): 769-778.

Aguayo, E., V. H. Escalona, and F. Artés. 2008 Effect of hot water treatment and various calcium salts on quality of fresh-cut 'Amarillo' melon. Postharvest Biology and Technology 47(3): 397-406.

Aharoni, Y. and R. Barkai-Golan. 1987. Pre-harvest fungicide sprays and polyvinyl wraps to control *Botrytis* rot and prolong the post-harvest storage life of strawberries. J. Hort. Sci. 62(2): 177-181.

Aharoni, Y. and A. Copel. 1995. The control of postharvest decay in Galia melons using preparations other than Imazalil. Tropical Science 35: 17-21

Aharoni, Y., A. Copel, H. Davidson, and R. Barkai-Golan. 1992. Fungicide application in water and in wax for decay control in 'Galia' melons. New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science 20: 177-179.

Aharoni, Y., A. Copel, and E. Fallik. 1993. Storing 'Galia' melons in a controlled atmosphere with ethylene absorbent. HortScience 28: 725-726.

Aharoni, Y., A. Copel, M. Gil, and E. Fallik. 1996. Polyolefin stretch films maintain the quality of sweet corn during storage and shelf-life. Postharvest Biology and Technology 7(1/2): 171-176.

Aharoni, Y., E. Fallik, A. Copel, M. Gil. S. Grinberg, and J. D. Klein. 1997. Sodium bicarbonate reduces postharvest decay development on melons. Postharvest Biology and Technology 10(3): 201-206.

Amigo Martın, P. and J. Mingot Marcilla. 1996 Vacuum coolıng of strawberries. (In Spanish with English summary). Alimentacion Equipos y Tecnologia 15(2): 71-76. c. a Hort. Abstr 67(10): 8368; 1997.

Andrews, J. 1995. The climacteric respiration rise in attached and detached tomato fruit. Postharvest Biology and Technology 6(3/4): 287-292

Archbold, D. D., T. R. Hamilton-Kemp, B. E. Langlois, and M. M. Barth 1997 Natural volatile compounds control *Botrytis* on strawberry fruit Acta Horticulturae No. 439(II): 923-930

Arima, S., N. Kondo, and H. Nakamura 1996 Development of robotic system for cucumber harvesting JARQ, Japan Agricultural Research Quarterly 30(4). 233-238.

Artés, F and A. J. Escriche 1994 Intermittent warming reduces chilling injury and decay of tomato fruit Journal of Food Science 59(5): 1053-1056

Artés, F., M. A. Conesa, S Hernandez, and M I Gil 1999 Keeping quality of fresh-cut tomato. Postharvest Biol. Technol. 17(3): 153-162

Artéz-Hernández, F., P A. Robles, P. A. Gómez, A Tomás-Callejas, and F Artés 2010. Low UV-C illumination for keeping overall quality of fresh-cut watermelon. Postharvest Biol. Technol. 55(2). 114-120.

Arthey, V D 1975. Quality of horticultural products. Butterworths London 228 p

Arvayo-Ortiz, R. M , S. Garza-Ortega, and E. M Yahia 1994 Postharvest response of winter squash to hot-water treatment, temperature, and length of storage, HortTechnology 4(3): 253-255

Atta-Aly, M A. and A. S. El-Beltagy. 1992 Effect of the cationic chelator EDTA on the ripening of normal tomato fruit and the non-ripening mutants nor, rin, and Nr Postharvest Biol. Technol 1. 283-293.

Atta-Aly, M A., G. S. Riad, Z. E. S. Lacheene, and A. S. El-Beltagy 1999. Dynamic exposure to ethanol vapor delays tomato fruit ripening via reversible inhibition of ethylene biosynthesis and action. Egypt. J Appl. Sci. 14(8): 228-254.

Avery, G. S , Jr., E. B. Johnson, R. N. M Addoms, and B. F Thompson. 1947 Hormones and horticulture McGraw-Hill Book Co., N Y. 326 p

Avigdori-Avidov, H. 1986 Strawberry, pp 419-448 In S. P Monselise (ed.).

CRC handbook of fruit set and development. CRC Press, Inc., Boca Raton, Florida.

Ayranci, E. and S. Tunc. 1997. Cellulose-based edible films and their effects on fresh beans and strawberries. Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und-Forschung 205(6): 470-473. c. a. Hort. Abstr. 68(8): 6720; 1998.

Ayub, R., M. Guis, M. Ben Amor, L. Gillot, J. P. Roustan, A. Latche, M. Bouzayen, and J. C. Pech. 1996. Expression of ACC oxidase antisense gene inhibits ripening of cantaloupe melon fruits. Nature Biotechnology 14: 862-866.

Baka, M., J. Mercier, R. Corcuff, F. Castaigne, and J. Arul. 1999. Photochemical treatment to improve storability of fresh strawberries. J. Food Sci. 64(6). 1068-1072.

Bakr, A. A. and R. A. Gawish. 1993. Technology aspects of keeping and pickling qualities of cucumbers as influenced by fertilizers. Plant Foods for Human Nutrition 44(1): 17-28

Bai, J. H., R. A. Saftner, A. E. Watada, and Y. S. Lee. 2001. Modified atmosphere maintains quality of fresh-cut cantaloupe (*Cucumis melo* L.). J. Food Sci. 66(8): 1027-1211.

Bai, J., R. A. Saftner, and A. E. Watada. 2003. Characteristics of fresh-cut honeydew (*Cucmis melo* L.) available to processors in winter and summer and its quality maintenance by modified atmosphere packaging. Postharuest Biol. Technol. 28: 349-359.

Baldwin, E. A. 2004. Flavor. In: ARS, USDA Agric. Handbook 66 revised. The Internet.

Barker, A. V. and K. M. Ready. 1994. Ethylene evolution by tomatoes stressed by ammonium nutrition. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 119(4): 706-710.

Barros, J. C. da S. M. de, A. de Goes, and K. Minami. 1994. Postharvest storage conditions for sweet pepper fruit (*Capsicum annum* L.) (In Portuguese with English summary). Scientia Agricola 51(2): 363-368. c. a. Hort. Abstr. 67(1): 427, 1997.

Barth, M. M., H. Zhuang, and M. E. Saltveit. 2004. Fresh-cut vegetables. In: ARC, USDA Handbook 66 revised. The Internet.

Bartz, J. A., C. G. Eayre, M. J. Concelmo, J. K. Brecht, and S. A. Sargent. 2001. Chlorine concentration and the inoculation of tomato fruit in packinghouse dump tanks. Plant Dis. 85: 885-889.

Batu, A and A K. Thompson. 1998. Effects of modified atmosphere packaging on post harvest qualities of pink tomatoes. Turkish J. Agr Forestry 22(4): 365-372

Baxter, L and L. Waters, Jr 1990a. Controlled atmosphere effect on physical changes and ethylene evolution in harvested okra HortScience 25(1): 92-95

Beaulieu, J C. 2006. Volatile changes in cantaloupe during growth, maturation, and in stored fresh-cut cubes prepared from fruit harvested at various maturities J Amer Soc Hort Sci. 131(1): 127-139.

Behboudian, M. H. and C. Tod. 1995 Postharvest attributes of 'Virosa' tomato producoed in an enriched carbon dioxide environment HortScience 30(3) 490-491

Ben Amor, M., J. M Lelièvre, M. Bouzayen, A. Latche, J. C. Pech, B. Flores, and F. Romojaro. 1998 Ethylene-inhibited cantaloupe charantais melons exibit resistance ro chilling injury, p. 31 In: COST 915, Consumer oriented quality improvement of fruit and vegetable products. Polytechnic University of Madrid, Spain.

Ben-Moualem, D., L Gusev, O. Dvir, E. Pesis, S. Meir, and A. Lichter 2004. The effects of ethylene, metbyl jasmonate and 1-MCP on abscission of cherry tomatoes from the bunch and expression of endo-1,4-β-glucanases. Plant Science 167(3): 499-507.

Ben-Yehoshua, S., V Rodov, S. Fishman, J Peretz, R. de la Asuncion, P. Burns, J. Somsrivichai, and T. Yantarasri 1996. Perforation effects in modified-atmosphere packaging: model and applications to bell pepper and mango fruits, p. 143-162. In: Proceedings of the Australasian postharvest horticulture conference 'Science and technology for the fresh food revolution'. Department of Natural Resources and Environment, Victoria, Australia. c. a. Hort. Abstr. 67(7): 5986, 1997.

Ben-Yehoshua, S., V. Rodov, S Fishman, and J. Peretz 1998 Recent developments in modified-atmosphere packaging of fruit and vegetables: reducing condensation of water in bell peppers and mangoes, pp. 495-404-. In. Ben-Yehoshua. (ed.). 14 th International congress on plastic in agriculture. Laser Pages Publishing, Jerusalem, Israel c a. Hort Abstr 69(4): 3160, 1999.

Bergevin, M., G. P. L'Heureux, and C. Willemot. 1993. Tomato chilling tolerance in relation to internal atmosphere after return to ambient temperature. HortScience 28(2): 138-140.

Bhagwan, A., Y N Reddy, and P. V. Rao. 2000. Postharvest application of polyamines to improve the sbelf-life of tomato fruit Indian J. Hort. 133-138.

Bhatnagar, D. K. and N. K. Sharma. 1997. Storage studies in different bottle gourd cultivars. Haryana Agricultural University Journal of Research 27(1): 15-18. c. a. Hort. Abstr. 68(4): 3138; 1997.

Bi, Y., S. P. Tian, Y. R. Guo, Y. H. Ge, and G. Z. Qin. 2006. Sodium silicate reduces postharvest decay on hami melons: induced resistance and fungistatic effects. Plant Dis. 90(3): 279-283.

Biles, C. L., M. M. Wall, and K. Blackstone. 1993. Morphological and physiological changes during maturation of New Mexican type peppers. J. Amer. Soc Hort. Sci. 118(4): 476-480.

Blanke, M. M. and P. A. Holthe 1997. Bioenergetics, maintenance respiration and transpiration of pepper fruits. J. Plant Phys. 150(3): 247-250.

Bokshi, A. I., S. C. Morris, R. M. McConchie, and B. J. Deverall. 2006. Preharvest application of 2,6-dichloroisonicotinic acid, β-aminobutyric acid or benzothiadiazole to control post-harvest storage diseases of melons by inducing systemic acquired resistance (SAR). J. Hort Sci. Biotechnol. 81(4): 700-706.

Bosland, P. W. and E. J. Votava. 2000. Peppers: vegetable and spice capsicums. CABI Publishing, Wallingford UK.

Bourgeois, G., S. Jenni, H. Laurence, and N. Tremblay. 2000. Improving the prediction of processing pea maturity based on the growing-degree day approach. HortScience 35(4): 611-614.

Bower, J., P Holford, A. Latché, and J.-C. Pech. 2002. Culture conditions and detachment of the fruit influence the effect of ethylene on the climacteric respiration of melon. Postharvest Biol. Technol. 26: 135-146.

Bower, J. H., W. V. Biasi, and E. J Mitcham. 2003. Effects of ethylene and 1-MCP on the quality and storage life of strawberries. Postharvest Biol. Technol. 28: 417-423.

Boyette, M D., L G Wilson, and E. A. Estes 1990 Postharvest cooling and handling of sweet corn The North Carolina Agricultural Extension Service. Ag-413-4. The Internet

Boyette, M D., J R. Schultheis, E. A. Estes, W. C Hurst, and P E summer. 1994. Postharvest cooling and handling of green beans and field peas. North Carolina Cooperative Extension Service. AG-413-8. The Internet

Brecht, J K. 1987 Locular gel formation in developing tomato fruit and the initiation of ethylene production. HortScience 22: 476-479.

Brecht, J K. 1995 Physiology of lightly processed fruit and vegetables HortScience 30(1) 18-22

Brecht, J K 2003 Harvesting and handling techniques, pp 383-412 In J A Bartz and J K. Brecht (eds). Postharvest physiology and pathology of vegetables. Marcel Dekker, NY.

Brecht, J K 2004. Sweetcorn. In ARS, USDA, Agric. Handbook 66 revised. The Internet.

Brecht, J K., W X. Chen, S A. Sargent, K. Cordasco, and J. A Bartz 1999. Exposure of green tomatoes to hot water affects ripening and reduces decay and chilling injury Proc. Florida State Hort Soc 112 138-143

Buescher, R W. and K. Adams. 1979. Influence of packaging and storage on quality of pre-snipped and cut snap bens Arkansas Farm Res 28(4): 14.

Buescher, R. W. and J. Henderson 1977 Reducing discoloration and quality deterioration in snap beans (*Phaseolus vulgaris)* by atmospheres enriched with $CO_2$ Acta Horticulturae 62: 55-59

Buescher, R. W., C Reitmeier, and W. A Sistrunk 1974 Association of phenylalanine ammonia lyase, catecholase, peroxidase, and total phenolic content witb brown-end discoloration in snap bean pods. HortScience 9: 585

Burger, Y. and A. A. Schaffer. 2007. The contribution of sucrose metabolism enzymes to sucrose accumulation in *Cucumis melo*. J Amer. Soc. Hort. Sci. Vol. 132: 704-712.

Bycroft, B. L., V K Corrigan, and D E. Irving 1999 Heat treatments increase sweetness and flesh colour of buttercup squash New Zealand J. Crop Hort Sci. 27(4): 265-271

Cabrera, R. M. and M. E. Saltveit, Jr. 1990. Physiological response to chilling temperatures of intermittently warmed cucumber fruit. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 115: 256-261

Cabrera, R. M. and M. E. Saltveit. 1993. Characterization of fruit exudates on the chilling injury of cucumber fruits. Acta Hort. No. 343: 290-292.

Cano, M. P., M. Monreal, B. de Ancos, and R. Alique. 1997. Controlled atmosphere effects on chlorophylls and carotenoids changes in green beans (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Perona), pp. 46-52. In: Saltveit (ed.). International Controlled Atmosphere Research Conference. University of California, Davis, California.

Cao, S. F., Z. C. Hu, and H. O. Wang. 2009. Effect of salicylic acid on the activities of anti-oxidant enzymes and phenylalanine ammonia lyase in cucumber fruit in relation to chilling injury. J. Hort. Sci. Biotechnol. 84(2): 125-130.

Cantwell, M. 1996. Case study: quality assurance for melons. Preshible Handling Newsletter Issue No. 85: 10-12

Cantwell, M. 2004. Tomatilllo. In: ARS, USDA Agric. Handbook 66 revised. The Internet.

Cantwell, M. 2007. Bell pepper: recommendation for maintaining postharvest quality. Produce Facts, Postharvest Technology Research & Information Center, University of California, Davis.

Cantwell, M. 2007. Tomatillo (husk tomato) – Recommendations for maintaining postharvest quality. Postharvest Technology Research & Information Center, University of California, Davis. The Internet.

Cantwell, M. and S. Portela. 1998. The importance of raw material quality for fresh-cut products: the impact of melon defect as an example. Perishables Handling Quarterly Issue No. 96: 2-3.

Cantwell, M. and T. V. Suslow. 2007. Eggplant: recommendations for maintaining postharvest quality. Postharvest Technology Research & Information Center, University of California, Davis. The Internet.

Cantwell, M. T. Suslow. 2007. Okra: recommendations for maintaining postharvest quality. Postharvest Technology Research & Information Center. University of California, Davis. The Internet.

Cantwell, M and T. Suslow 2007. Snap beans. recommendations for maintaining postharvest quality Postharvest Technology Research & Information Center, UC, Davis The Internet.

Cantwell, M. and A. Thangaiah 2001. Delays to cool affect visual quality, firmness and gloss of bell peppers and eggplants. Perishables Handling Quarter. Issue No. 107. 17-20

Cantwell, M., T. Flores-Minutti, and A. Trejo-González 1992. Developmental changes and postharvest physiology of tomatillo fruits (*Physalis ixocarpa* Brot.). Scientia Horticulturae 50: 59-70.,

Catalano, A E., A. Schiliro, A Todaro, R. Palmeri, and G. Spagna 2007 Enzymatic degradations on fresh-cut eggplants differently packaged Acta Hort No 746.

Chaiprasart, P., C. Hansawasdi, and N. Pipattanawong 2006 The effect of chitosam coating and calcium chloride treatment on postharvest qualities of strawberry fruit (*Fragaria ×ananassa*) Acta Hort. 708 337-342.

Charles, M T., J. Mercier, J. Makhlouf, and J. Arul 2008a. Physiological basis of UV-C-induced resistance to *Botrytis cinerca* in tomato fruit. I Role of pre- and post-challenege accumulation of the phytoalexin-rishitin Postharvest Biol. Technol. 47(1): 10-20.

Charles, M. T., N. Benhamou, and J. Arul. 2008b. Physiological basis of UV-C-induced resistance to *Botrytis cinerea* in tomato fruit. III Ultrastructural modifications and their impact on fungal colonization. Postharvest Biol Technol 47(1): 27-40.

Charles, M. T., A Goulet, and J. Arul. 2008c. Physiological basis of UV-C-induced resistance to *Botrytis cinerca* in tomato fruit IV. Biochemical modifications of structural barriers. Postharvest Biol. Technol. 47(1) 41-53

Charles, M T., K. Tano, A. Asselin, and J. Arul 2009 Physiological basis of UV-C - induced resistance to *Botrytis cinerea* in tomato fruit. Constitutive defence enzymes and inducible pathogensis-related proteins. Postharvest Biol Technol. 51(3) 414-424

Chen, F H., W Y. Zhang, and G. B Wu 1994. Physiological response of alternating-temperature treated sweet peppers to chilling stress (In Chinese with English summary). Acta Hort. Sinica 21(4): 361-356 c a. Hort Abstr. 65(9): 8019, 1995

Cheng, J., H. Shen, X. Yang, S. Yu, L. Yuan, Z. Sun, and X. Sun. 2009. Changes in biochemical characteristics related to firmness during fruit development of pepper (*Capsicum annuum* L.). European J. Hort. Sci. Vol. 74.

Cho, M. A., B. M. Hurr, J. Jeong, C. Lim, and D. J. Huber. 2008. Postharvest senescence and deterioration of 'Thoroughbred' and 'Carlo' green beans (*Phaseolus vulgaris* L.) in response to 1-methylcyclopropene. HortScience Vol. 43: 427-430.

Choi, S. T. and D. J. Huber. 2008. Influence of aqueous 1-methylcyclopropene concentration, immersion duration, and solution longevity on the postharvest ripening of breaker-turning tomato (*Solanum lycopersicum* L.) fruit. Postharvest Biol. Technol. 49(1): 147-154.

Choi, S. T., O. Tsouvaltzis, C. I. Lim, and D. J. Huber. 2008. Suppression of ripening and induction of asynchronous ripening in tomato and avocado fruits subjected to complete or partial exposure to aqueous solutions of 1-methylcyclopropene. Postharvest Biol. Technol. 48(2): 206-214.

Choi, S. T., D. J. Huber, J. G. Kim, and Y. P. Hong. 2009. Influence of chlorine and mode of application on efficacy of aqueous solutions of 1-methylcyclopropene in delaying tomato (*Solanum lycopersicum* L.) fruit ripening. Postharvest Biol. Technol. 53(1-2): 16-21.

Chomchalow, S., N. M. El Assi, S. A. Sargent, and J. K. Brecht. 2002. Fruit maturity and timing of ethylene treatment affect storage performance of green tomatoes at chilling and nonchilling temperatures. HortTechnology 12(1): 104.

Civello, P. M., G. A. Martinez, A. R. Chaves, and M. C. Anon. 1997. Heat treatments delay ripening and postharvest decay of strawberry fruit. J. Agric. Food Chem. 45(12): 4589-4594.

Cliff, M., S. Lok, C. Lu, and P. M. A. Toivonen. 2009. Effect of 1-methylcyclopropene on the sensory, visual, and analytical quality of greenhouse tomatoes. Postharvest Biol. Technol. 53(1-2): 11-15.

Cohen, J. D. 1996. In vitro tomato fruit cultures demonstrate a role for indole-3-acetic acid in regulating fruit ripening. J. Amer. Soc. Hort. Sci 121(3): 520-524.

Costa, M. A. C., J. K. Brecht, S. A. Sargent, and D. J. Huber 1994. Tolerance of snap beans to elevated $CO_2$ levels. Proc. Florida State Hort. Sco. 107 271-273.

Coté, F , J E Thompson, and C Willemot 1993 Limitation to the use of electrolyte leakage for the measurement of chilling injury in tomato fruit Postharvest Biology and Technology 3(2) 103-110.

Craft, C C and P. H. Heinze 1954. Physiological studies of mature-green tomatoes in storage Proc Amer Soc Hort Sci 64: 343-350.

Czapski, J and M. Saniewski. 1992. Stimulation of ethylene production and ethylene-forming enzyme activity in fruits of the non-ripening nor and rin tomato mutants by methyl jasmonate Journal of Plant Physiology 139(3): 265-268.

Dal Bell, G., C. Mónaco, M C. Rollan, G. Lampugnani, N. Arteta, C Abramoff, L Ronco, and M. Stocco 2008 Biocontrol of Postharvest grey mould on tomato by yeasts J Phytopathol 156(5) 257-263

Daood, H G , M. Vinkler, F Markus, E. A. Eebshi, and P. A Biacs 1996 Antioxidant vitamin content of spice red pepper (paprika) as affected by technological and varietal factors Food Chemistry 55(4) 365-372

Davis, J M., and R G. Gardner 1994 Harvest maturity affects fruit yield, size, and grade of fresh-market tomato cultivars HortScience 29(6) 613-615.

DeEll, J R 2004. Leek In ARS, USDA Agric Handbook 66 revised The Internet.

DeEll, J R., C Vigneault, and S. Lemerre 2000 Water temperature for hydrocooling field cucumbers in relation to chilling injury during storage Postharvest Biol Technol. 18: 27-32

De León-Sánchez, F. D et al. 2009. Effect of refrigerated storage on aroma and alcohol dehydrogenase activity in tomato fruit. Postharvest Biol Technol. 54(2): 93-100.

Deswarte, C. J., M A. Martinez-Tellez, A A Gardea, J. N. Mercado, and I. Vargas. 1995 Thermal conditioning to reduce chilling injury in zucchini and its effect on phenol metabolism enzymes (In Spanish with English summary) Proceedings of the Interamerican Society for Tropical Horticulture 39: 33-38.

de Wild, H P. J., P. A Balk, E. C A. Fernandes, and H W Peppelenbos 2005 The action site of carbon dioxide in relation to inhibition of ethylene production in tomato fruit Postharvest Biol. Technol. 36 273-280

Diaz-Pérez. J. C. 1998. Packaging of 'Classic' and 'Japanese' aubergines (*Solanum melongena* L ) with polyethylene films (In Spanish with English summary). Agrociencia 32(1): 71-74. c. a. Hort. Abstr. 69(4): 3165, 1999.

Dodds. G. T., L. Trenholm, and C. A. Madramootoo. 1996. Effects of watertable and fertilizer management on susceptibility of tomato to chilling injury. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 121(3): 525-530.

Dostal, H. C and G. E. Wilcox. 1971. Chemical regulation of fruit ripening of field-grown tomatoes with (2-chloroethyl) phosphonic acid J. Amer Soc. Hor. Sci. 96: 656-660.

Dris, R., R Niskanen, and S. M. Jain 2001. Crop management and postharvest handling of horticultural products. Vol 1. Quality management. Science Publishers, Inc., Enfield, NH, USA. 364 p.

Du, J. H., M. R. Fu, M. M. Li, and W. Xia. 2007. Effects of chlorine dioxide gas on postharvest physiology and storage quality of green bell pepper (*Capsicum frutescens* L. var. *longrum*). Agr. Sci. China 6(2): 214-219.

Dvir, O. et al. 2009. Low humidity after harvest changes abscission site in bunch cherry tomatoes. Sci. Food Agric. 89(9): 1519-1525.

Edelstein, M., H. Nerson, and H. S. Paris. 1989 Quality of spaghetti squash as affected by fruit maturity, storage period, and cooking duration. Acta Horticulturae No. 258: 543-545.

Edmond, J. B., T. L. Senn, F. S. Andrews, and R. G. Halfacre. 1975. Fundamentals of horticulture. (4th ed.). McGraw-Hill Book Co., N Y 560 p.

Edwards, M. and R. Blennerhassett. 1994. Evaluation of wax to extend the postharvest storage life of honeydew melons (*Cucumis melo* L. var. *inodorus Naud.*). Australian Journal of Experimental Agriculture 34(3): 427-429.

El Assi, N., D. J. Huber, and J. K. Brecht. 1997. Irradiation-induced changes in tomato fruit pericarp firmness, electrolyte efflux, and cell wall enzyme activity as influenced by ripening stage. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 122(1): 100-106.

El Ghouth, A., J. Arul, and R. P M. Boulet. 2007. Use of chitosan coating to reduce water loss and maintain quality of cucumber and bell pepper fruits. J. Food Proc. Preservation 15(5): 359-368

Elkashif, M E, D J Huber, and J K Brecht 1989. Respiration and ethylene production in harvested watermelon fruit. evidence for nonclimacteric respiratory behavior. J. Amer. Soc. Hort Sci 114, 81-85

Erkan, M., S. Y. Wang, and C. Y. Wang 2008. Effect of UV treatment on antioxidant capacity in strawberry fruit. Postharvest Biology and Technology 48(2): 163-171.

Ezura, H. and W O Owino. 2008. Melon, an alternative model plant for elucidating fruit ripening. Plant Sci. 175(1-2) 121-129.

Fallik, E, J Klein, S. Grinberg, E. Lomaniec, S. Lurie, and A. Lalazar 1993. Effect of postharvest heat treatment of tomatoes on fruit ripening and decay caused by *Botrytis cinerea*. Plant Disease 77(10) 985-988.

Fallik, E, N Temkin-Gorodeiski, S. Grinberg, I Rosenberger, B Shapiro, and A. Apelbaum. 1994. Bulk packaging for the maintenance of eggplant quality in storage. J. Hort. Sci. 69(1): 131-135.

Fallik, E., Y Aharoni, S. Grinberg, A. Copel, and J. D Klein 1994 Postharvest hydrogen peroxide treatment inhibits decay in eggplant and sweet red pepper. Crop Protection 13(6): 451-454.

Fallik, E., N. Temkin-Gorodeiskin, S. Grinberg, and H Davidson. 1995. Prolonged low-temperature storage of eggplants in polyethylene bags. Pastharvest Biology and Technology 5(1/2): 83-89.

Fallik, E, S. Grinberg, S. Alkalai, and S. Lurie. 1996. The Effectiveness of postharvest hot water dipping on the control of grey and black moulds in sweet red pepper (*Capsicum annuum*). Plant Pathology 45(4): 644-649.

Fallik, E., S. Grinberg, and O. Ziv. 1997. Potassium bicarbonate reduces postharvest decay development on bell pepper fruit J Hort Sci 72(1): 35-41.

Fallik, E., S. Grinberg, S. Alkalai, O. Yekutieli, A. Wiseblum, R Regev, H Beres, and E. Bar-Lev. 1999. A unique rapid hot water treatment to improve storage quality of sweet pepper Postharvest Biology and Technology 15(1): 25-32.

Fallik, E A. et al. 2000. Reduction of postharvest losses of galia melon by short hot-water rinse. Plant Pathology 49(3): 333-338

Fallik, E, Z Ilic, S. Alkalai-Tuvia, A. Copel, and Y Polevaya 2002 A short hot water rinsing and brushing reduces chilling injury and enhances

resistance against *Botrytis cincrea* in fresh harvested tomato. Adv. Hort Sci. 16(1): 3-6.

Fallik, E., Y. Polevoya, S. Tuvia-Alkalai, Y Shalom, and H. Zuckermann. 2003. A 24-h anoxia treatment reduces decay development while maintaining tomato fruit quality. Postharvest Biology and Technology 29: 233-236.

Fallik, E., Y. Shalom, S. Alkalai-Tuvia, O. Larkov, E. Brandies, and U. Ravid. 2005. External, internal and sensory traits in Galia-type melon treated with different waxes. Postharvest Biol. Technol. 36: 69-75.

Fallik, E., V. Rodov, B. Horev, S. Sela, S. Alkalai-Tuvia, and Y. Vinokur. 2007. Hot water rinsing and brushing technology for the fresh-cut industry. Acta Hort. 746: 229-239.

Fan, H., S. Q. Feng, and Y M. Zhao. 1996. The correlation of polyamines with chilling injury of cucumber and tomato and the treatments for alleviating chilling injury. (In Chinese with English summary). Journal of China Agricultural University 1(1): 108-112. c. a. Hort. Abst. 67(11): 9486, 1997.

Fan, Y., Y. Xu, D. Wang, L. Zhang, J Sun, L. Sun, and B. Zhang. 2009. Effect of alginate coating combined with yeast antagonist on strawberry (*Fragaria ×ananassa*) preservation quality Postharvest Biol. Technol. 53(1-2): 84-90.

Farag, K. M. and J. P. Palta. 1993. Use of natural lipids to accelerate ripening and enhance storage life of tomato fruit with and without ethephon. HortTechnology 3(1): 62-65.

Felkey, K., D. L Archer, J. A. Bartz, R. M. Goodrich, and K. R. Schneider. 2006. Chlorine disinfection of tomato surface wounds contaminated with *Salmonella* spp. HortTechnology 16(2): 253-256.

Fernández-Trujillo, J. P., J. F. Nock, and C. B. Watkins. 1999. Fermentative metabolism and organic acid concentrations in fruit of selected strawberry cultivars with different tolerances to carbon dioxide. J. Amer. Soc Hort. Sci. 124(6): 696-701.

Ferrante, A., A. Spinardi, T. Maggiore, A Testoni, and P. M. Gallina. 2008. Effect of nitrogen fertilization levels on melon fruit quality at the harvest time and during storage. J Sci Food Agr 88(4) 707-713

Ferreira, M. D., J. K. Brecht, S. A. Sargent, and J. J. Aracena. 1994. Physiological responses of strawberry to film wrapping and precooling methods. Proceedings of the Florida State Horticultural Society 107: 265-269.

Ferreira, M. D., J. B. Brecht, S. A. Sargent, and C. K. Chandler. 2006. Hydrocooling as an alternative to forced-air cooling for maintaining fresh-market strawberry quality. HortTechnology Vol. 16: 659-666

Flores, F., C. Martinez, F. Romojaro, M. Guis, M. Ben Amor, J. C. Pech, and A. Latché. 1998. Biochemical features of antisense ACC oxidase cantaloupe charantais melons, p. 110. In: COST 915, consumer oriented quality improvement of fruit and vegetable products. Polytechnic University of Madrid, Spain.

Flores, F. et. al. 2002. Role of ethylene in the biosynthetic pathway of aliphatic ester aroma volatiles in charantais cantaloupe melons. J. Exp. Bot. 53(367): 201-206.

Fonseca, J. M., J. W. Rushing, and R. F. Testin. 2004. The anaerobic compensation point for fresh-cut watermelon and implications for postprocess handling. HortScience 39(3): 562-566.

Freire, J. R. M. and C. F. Robbs. 2000. Isolation and identification of pathogenic bacteria in minimal processed hydroponic lettuce. Alimentaria 37(309): 55-60. c. a. Hort. Abstr. 70(8): 6732; 2000.

Frezza, D., S. Moccia, G. Trinchero, A. Fraschina, and A. Chiesa. 1998. MAP: polyolefin and PVC films on the quality and shelf life of tomatoes (1), pp. 513-520. In: S. Ben-Yehoshua (ed.). Fourteenth International Congress on Plastics in Agriculture. Laser Pages Publishing, Jerusalem, Israel.

Fuchs, Y., A. Weksler, I. Rot, E. Pesis, and E. Fallik. 1995. Keeping quality of cherry tomatoes designated for export. Acta Hort. No. 398. 257-264.

Gaffe. J., D. M. Tieman, and A. K. Handa. 1994. Pectin methylesterase isoforms on tomato (*Lycopersicon esculentum*) tissues. Effects of expression of a pectin methylestrase antisense gene. Plant Physiology 105 (1): 199-203.

Gal, S., S. Alkalai-Tuvia, Y. Elkind, and E. Fallik. 2006. Influence of different concentrations of 1-methylcyclopropene and times of exposure

on the quality of ¨ Galia¨ - type melon harvested at different stages of maturity. J Hort. Sci. Biotechnol. 81 (6): 975-982.

Garcia. J. M., J M. Ballesteros, and M A. Albi. 1995. Effect of foliar applications of $CaCl_2$ on tomato stored at different temperatures. J Agric. Food Chem. 43 (1): 9-12.

Garcia, J. M. and M. Olias. 1998. Strawberry packing for the fresh market. (In Spanish). Horticultura International 6 (20): 33-36, 38. c.a. Hort. Abstr. 69(4): 2948; 1999.

Garcia, J. M., C. Aguilera, and A. M. Jiménez 1996. Gray mold infection and quality of strawberry fruit following postharvest heat treatment. HortScience 31(2): 255-257.

Garcia, M A., M N. Martino, and N. E. Zaritzky 1998. Plasticized starch-based coatings to improve strawberry (*Fragaria ×ananassa*) quality and stability. Journal of Agricultural and Food Chemistry 46(9): 3758-3767.

Garcia, J. M., R. J. Medina, and J. M. Olias. 1998. Quality of strawberries automatically packed in different plastic films. Journal of Food Science 63(6): 1037-1041.

Gersch, K. P., C. E. Motsembocker, and G. A. Long. 1998. Anatomical description of the fruit-receptacle detachment area in cayenne pepper. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 123(4): 550-555.

Gherbin, P., K. Gulfo, and E. Tarantino. 2000. Growth pattern of okra pods: biometric and qualitative aspects. (In Italian with English summary). Italus Hortus 7(5): 8-16. c. a. Hort. Abstr. 71(3): 2400; 2001.

Ghaouth, A. E., J. Arul, C. Wilson, and N Benhamou. 1997. Biochemical and cytochemical aspects of the interactions of chitosan and *Botrytis cinerea* in bell pepper fruit. Postharvest Biology and Technology 12(2): 183-194.

Gichohi, E. G. and M K. Pritchard. 1995. Storage temperature and maleic hydrazide effects on sprouting, sugars, and fry color of Sbepody potatoes. Amer. Potato J 72(12): 737-747.

Gladon, R J., C. A. Reitmeier, M. L. Gleason, G R. Nonnecke, N. H. Agnew, and D. G Olson. 1997. Irradiation of horticultural crops at Iowa State University. HortScience 32(4): 582-585.

Gómez, P. et al 2009. Structural changes, chemical composition and

antioxidant activity of cherry tomato fruits (cv Micro-Tom) stored under optimal and chilling conditions. J Sci Food Agric. 89(9) 1543-1551

Gomez-Ladron de Guevara, R., V. Parra-Lopez, J E Pardo-Gonzalez, M L A. Saus, and R Varon-Castellanos 1998. Influence of storage conditions on pigment degradation in paprikas from different greenhouse pepper cultivars J. Sci. Food Agric. 78(3): 321-328.

Gonnella, M. et al. 2009 Yield and quality of early potato cultivars in relation to the use of glufosinate-ammonium as desiccant J. Sci. Food Agr. 89(5). 855-860.

González-Aguilar, G. A. 2004. Pepper. In: ARS, USDA Agric. Handbook 66 revised The Internet.

Gonzalez, G and M. Tiznado 1993 Postharvest physiology of bell peppers stored in low density polyethylene bags. Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie 26(5). 450-455.

González-Aguilar, G A., R. Cruz, R Baez, and C Y. Wang 1999 Storage quality of bell peppers pretreated with hot water and polyethylene packaging. J. Food Quality 22(3): 287-299.

González-Aguilar, G. A., L. Gayosso, R Cruz, J. Fortiz, R. Báez, and C Y Wang 2000 Polyamines induced by hot water treatments reduce chilling injury and decay in pepper fruit. Postharvest Biology and Technology 18: 19-26.

Gould W. A. 1974. Tomato production, processing and quality evaluation The AVI Pub. Co., Inc.. Westport Conn. 445. p.

Grevsen, K. and J.N. Sorensen 2004. Sprouting and yield in bulb onions (*Allium cepa* L.) as influenced by cultivar, plant establishment methods, maturity at harvest and storage conditions. J. Hort. Sci. Biotechnol 79(6): 877-884.

Grierson, D. and A. A Kader. 1986. Fruit ripening and quality p 241-280. In. J G. Atherton and J. Rudich (eds ) The tomato crop Chapman and Hall, London.

Gross, K. C. and S. J. Wallner. 1979. Degradation of cell wall polysaccharides during tomato fruit ripening. Plant Physiology 63 117-120

Grzegorzewska, M., F Adamicki, and K Elkner 1998 Comparison of

storage ability of some Chinese cabbage cultivars (*Brassica rapa* L. var. *pekinensis* (Lour.) Olsson) from spring, summer and autumn production. Vegetable Crops Research Bulletin 49: 95-106. c. a. Hort. Abstr. 69(7): 5939; 1999.

Guis, M., R. Botondi, A. Ben-Amor, R. Ayub, M. Bouzayen, J. C. Pech, and A. Latché 1997. Ripening-associated biochemical traits of cantaloupe charantais melons expressing an antisense ACC oxidase transgene J. Amer. Soc. Hort. Sci. 122(6): 748-751.

Guo, X., J. Chen, R. E. Bracket, and L.R. Beuchat. 2002. Survival of *Salmonella* on tomatoes at high relative humidity, in soil, and in tomatoes in contact with soil. J. Food Prot. 65(2). 274-279.

Guzmán, I.L. 1997. Food safety and fresh-cut cantaloupe. Preshables Handling Quarterly (UC, Davis) 91: 13-14.

Hakim, A., I. Voipio, and E. Kaukovirta. 1995. Heat stress and chilling sensitivity of different ripening classes of tomatoes. Acta Hort. No. 412: 209-214.

Hakim, A., E. Kaukovirta, E. Pehu, and I. Voipio. 1996. Qualities of heat treated tomatoes after storage. Acta Hort. No. 429: 473-479.

Hakim, A., E. Kaukovirta, E. Pehu, and L. Voipio. 1997. Effect of hot water, immersion time, and length of storage on chilling injury of tomato fruit. J. Veg. Crop Prod. 3(2): 17-27.

Hakim, A., E. Kaukovirta, E. Pehu, I. Voipio, and A. C. Purvis. 1997. Reducing chilling injury of cold-stored tomato fruit by intermittent warming. Adv. Hort. Sci. 11(3): 142-146.

Hall, R. H. 1968. Fruit & vegetable facts & pointers: sweet corn. United fresh Fruit and Vegetable Association. Alexandrin, Virginia. 22p.

Hamauzu. Y., Y. Miyamoto, and K. Chachin. 1994. Effect of high temperatures on the change of carotenoid contents in tomato fruit after harvest. (In Japanese with English summary). J. Jap. Soc. Hort. Sci 63(3): 675-684. (c. a. Hort. Abstr. 65(8): 7129;1995).

Han, C., Y. Zhao, S. W. Leonard, and M. G. Traber. 2004. Edible coatings to improve storability and enhance nutritional value of fresh and frozen strawberries (*Fragaria × ananassa*) and raspberries (*Rubus ideaus*). Postharvest Biology and Technology 33: 67-78.

Hancock, J. F. 1999. Strawberries. CABI Publishing, CAB Intrnational, Wallingford. UK 237 p.

Harker, F. R., J. J. Elgar, C. B. Watkins, P. J. Jackson, and I. C. Hallett. 2000. Physical and mechanical changes in strawberry fruit after high carbon dioxide treatments. Postharvest Biol Technol. 19: 139-146.

Harvey, E. M. 1931. A Preliminary report on the vegetable growth of okra in relation to the production of varying amounts of reproduction tissue Oreg. Exp. Sta. Bull. 284

Harvey, W. J., D. G. Grant, and J. P. Lammerink. 1997. Physical and sensory changes during the development and storage of buttercup squash. New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science 25(4). 341-351

Hawthorn, L. R. and L. H. Pollard. 1954. Vegetable and flower seed production. The Blakiston Co., Inc., N. Y. 626 p.

Heinze, P. H. and C. C. Crall. 1953. Effectiveness of ethylene for ripening tomatos. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 62. 397-404.

Henderson, J. R. and R. W. Buescher. 1977. Effects of sulfur dioxide and controlled atmospheres on broken-end discoloration and processed quality attributes in snap beans. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 102(6): 768-770.

Henderson, J. R., R. W. Buescher, and T. E. Morelock. 1997. Influence of genotype and $CO_2$ on discoloration, phenolic content, peroxidase, and phenolase activities in snap beans. HortScience 12(5): 453-454.

Henz, G. P. and C. Silva. 1995. Conservation of aubergine fruits, cv. Cica, by refrigeration and film-wrapping. (In Portuguese with English summary). Pesquisa Agropecuaria Brasileira 30(2): 157-162. c. a. Hort. Abstr 67(6): 5004; 1997.

Hetzroni, A., J. E. Simon, M. Benady, and B. Bordelon. 1994. Electronic sensing of aromatic volatiles for quality sorting in strawberries. Paper - American Society of Agricultural Engineers No. 946029. 7 p.

Hobson, G. E. 1987. Low-temperature injury and the storage of ripening tomatoes. J. Hort. Sci. 62: 55-62.

Hodges, D. M. and G. E. Lester. 2006. Comparisons between orange- and green-fleshed non-netted and orange-fleshed netted muskmelons. antioxidant changes following different harvest and storage periods. J Amer. Soc. Hort. Sci. 131(1).

Hoeberichts, F A , L H W van der Plas, and E J Woltering 2002 Ethylene perception is required for the expression of tomato ripening-related genes and associated physiological changes even at advanced stages of ripening Postharvest Biol. Technol 26 125-133

Hoffman, J C 1971. Injuray of snap bean pods associated with machine harvesting and handling J. Amer Soc Hort Sci 96: 21-24

Holcroft, D M. and A. A. Kader. 1999a. Carbon dioxide-induced changes in color and anthocyanin synthesis of stored strawberry fruit. HortScience 34(7) 1244-1248

Holcroft, D M and A A Kader. 1999b Controlled atmosphere induced changes in pH and organic acid metabolism may affect color of stored strawberry fruit Postharvest Biology and Technology 17(1) 19-32

Hong, J. H. and K C. Gross. 1998. Surface sterilization of whole tomato fruit with sodium hypochlorite influence subsequent postharvest behavior of fresh-cut slices Postharvest Biol Technol. 13(1) 51-58.

Hong, J. H. and K. C Gross. 2000 Involvement of ethylene in development of chilling injury in fresh-cut tomato slices during cold storage J Amer Soc Hort Sci 125(6): 736-741.

Hong, J H. and S. K. Lee. 1995. Changes in cell wall materials of tomato fruits during ripening (In Korean with English summary). J. Korean Soc Hort. Sci 36(1): 57-61 (c. a. Hort. Abstr. 65. 6072, 1995).

Hong, J. H and S. K. Lee. 1996. Effect of ethanol treatment on the ripening of tomato fruit. J Korean Soc Hort. Sci. 37(2): 193-196.

Hong, H H S. J. Hong, S. K. Lee, and J. K. Kim. 1995. Effect of nutrient calcium on the ripening of tomato fruit. (in Korean with English summary). J. Korean. Soc Hort. Sci 36(5): 595-600/ (c. a Hort Abstr. 66. 1473, 1996)

Hong, J. H., S. K. Lee, and J. K. Kim. 1995. Ethanol inhibits ripening of tomato fruit Acta Hort. No. 398: 147-157.

Hong, S J , S K Lee, and J. K. Kim. 1996 Changes in cell wall carbohydrates and glycanase activity and their relationship to the ripening of tomato fruits J Korean Soc. Hort. Sci 37(3). 380-385

Hong, J H , D J Mills, C B Coffman, J D Anderson, M J Camp, and K

C. Gross. 2000. Tomato cultivation systems affect subsequent quality of fresh-cut fruit slices. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 125(6): 729-735.

Howard, L. R. and C. Hernadez-Brenes. 1998. Antioxidant content and market quality of jalapeno pepper rings as affected by minimal processing and modified atmosphere packaging J. Food Quality 21(4): 317-327

Huang, Y., B. J. Deverall, W. H. Tang, W. Wang, and F. W. Wu. 2000. Foliar application of acibenzolar-S-methyl and protection of postharvest rock melons and Hami melons from disease. Europ. J. Plant Pathol. 106: 651-656.

Hwang, Y. S., Y. A. Kim, and W. S. Lee. 1999. Effect of postharvest $CO_2$ application time on the flesh firmness and quality in 'Nyoho' strawberries (In Korean with English summary). J. Korean Sco. Hort. Sci. 40(2): 179-182. c. a. Hort. Abstr. 69(10): 8524; 1999.

Idle, L. E. 1950. Factors affecting the objective and organoleptic evaluation of quality in raw and canned peas. Food Technology 4(4): 1-9.

Imani, Y., A. Ait-Oubahou, and M. El-Otmani. 1995. Characterization and control of chilling injury in cucumbers, pp. 241-249. In: A. Ait Oubahou and M. El-Otmani (eds.). Postharvest physiology, pathology and technologies of horticultural commodities: recent advances. Institut Agronomique et Veterinaire Hassan II, Agadir, Morocco. c. a. Hort. Abstr. 66(8): 6837; 1996.

Inaba, M. and K. Chachin. 1998. Influence of and recovery from high-temperature stress on harvested mature green tomatoes. HortScience 23: 190-192.

Inaba, M. and P. G. Crandall. 1988. Electrolyte leakage as an indicator of high-temperature injury to harvested mature green tomatoes. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 133: 96-99.

Irving, D. E., P. I. Hurst, and J. S. Ragg. 1997. Changes in carbohydrates and carbohydrate metabolizing enzymes during the development, maturation, and ripening of buttercup squash (*Cucurbita maxima* D. 'Delica'). J. Amer. Soc. Hort. Sci. 122(3): 310-314.

Irving, D. E., G. J. Shingleton, and P. L. Hurst. 1999. Starch degradation in buttercup squash (*Cucurbita maxima*). J. Amer. Soc. Hort. Sci. 124(6): 589-590

Islam, M S , T Matsui. and Y Hoshida 1995 Effect of preharvest carbon dioxide enrichment on the postharvest quality of tomatoes. J Japanese Soc Hort Sci 64(3) 649-655 (c a. Hort Abstr 66: 3269; 1996).

Iwahori, S. and J M Lynos 1970. Maturation and quality of tomatoes with preharvest treatments of 2-chloroethylphosphonic acid. J Amer. Soc Hort Sci 95 88-91

Iwahori, Y., Y Kanetsune, Y Ueda, and K. Chachin 2000. Changes in hydrogen peroxide content and antioxidative enzyme activities during the maturation of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) fruit J Jap. Soc. Hort Sci 69(6) 690-695.

Jackman, R L., A. G Marangoni, and D. W Stanley 1990. Measurement of tomato fruit firmness. HortScience 25. 781-783

Janssens, M F. M. 1994. Development of intelligent CA storage systems for fruit and vegetables. CA containers, pp. 89-93 In: P Eccher Zerbini et al. (eds.). The post-harvest treatment of fruit and vegetables controlled atmosphere storage of fruit and vegetables. Commission of the European Communities, Brussels, Belgium. c a. Hort Abstr. 66(9). 7782, 1996.

Jennings, P and M. E. Saltveit. 1994. Temperature and chemical shocks induce chilling tolerance in germinating *Cucumis sativus* (cv Poinsett 76) seeds. Physilogia Plantarum 91(4). 703-707.

Jeong, J., J. Lee, and D. J. Huber. 2007. Softening and ripening of 'Athena' cantaloupe (*Cucumis melo* L. var. *reticulatus*) fruit at three harvest maturities in response to the ethylene antagonist 1-methylcyclopropene HortScience 42: 1231-1236.

Jeong, J., J. K Brecht, D J. Huber, and S. A. Sargent 2008. Storage life and deterioration of intact cantaloupe (*Cucumis melo* L. var *reticulatus*) fruit treated with 1-methylcyclopropene and fresh-cut cantaloupe prepared from fruit treated with 1-methylcyclopropene before processing. HortScience vol. 43: 435-438.

Jiang, Y., D. C. Joyce, and L. A Terry. 2001. 1-Methylcyclopropene treatment affects strawberry fruit decay Postharvest Biology and Technology 23 227-232

Jolliffe, P. A. and W C Lin. 1997. Predictors of shelf life in long English cucumber J Amer Soc. Hort Sci 122(5) 686-690.

Jones, H A. and J T. Roza 1928. Truck crop plants. McGraw-Hill Book Co., Inc , N Y 538 p

Kader, A. A. 1991 Quality and its maintenance in relation to the postharvest physiology of strawberry, pp. 145-152 In: A. Dale and J J Luby (eds) The strawberry into the 21st century Timber Press, Portland, Oregon.

Kader, A. A., M. A. Srevens, M. Albright-Holton, L. L Morris, and M Algazi. 1977. Effect of fruit ripeness when picked on flavor and composition in fresh market tomatoes J. Amer Soc Hort Sci 102(6): 724-731.

Kader, A A., R F. Kasmire, F G. Mitcbell M S Reid, N F Sommer, and J F Thompson. 1985. Postharvest technology of horticultural crops. Univ Calif., Div Agric Natural Resources. 192 p

Kagan-Zur, V and Y. Mizrahi. 1993. Long shelf-life small sized (coctail tomatoes may be picked in bunches. Scientia Horticulturae 56(1) 31-41

Kahn, B. A., J E. Motes, and N. O. Maness. 1997 Use of ethephon as a controlled abscission agent on paprika pepper HortScience 32(2): 251-255.

Kan, E E. L., S. A Sargent, A. Simonne, N. L Shaw, and D J Cantliffe. 2007. Changes in the postharvest quality of Datil hot peppers as affected by storage temperature. Proc. Fla. State Hort. Sci. 120. 246-250.

Karakurt, Y. and D J Huber. 2008. Cloning and characterization of differentially expressed genes in ethylene-treated watermelon fruit. Postharvest Biol Technol 48(3): 372-377.

Kaynas, K., N. Surmeli, and N. Türkes. 1992. Effects of preharvest treatments of ethrel and postarvest treatments of ethrel , calcium carbide, and potassium permanaganate on ripening of some tomato varieties. (In Turkish with English summary). Bahçe 21(1-2): 13-20. (c a Hort. Abstr 64: 9627; 1994).

Kaynas, K., S. Ozelkok, N Surmeli, and K Abak. 1995. Controlled and modified atmosphere storage of eggplant (*Solanum melongena* L ) fruits. Acta Horticulturae No. 412: 143-151

Kesta, S and B. Chutichudet 1994 Pod growth, development, biochemical changes and maturity indices of okra cv OK#2 Acta Hort No 369 368-377

Kim, G H. and R B H Wills 1998. Interaction of enhanced carbon dioxide and reduced ethylene on the storage life of strawberries J Hort Sci Biotechnol 73(2): 181-184

Khosrosbahi, M R. Z., M. Esna-Ashari, and A Ershadi. 2007. Effect of exogenous putrescine on post-harvest life of strawberry (*Fragaria ananassa* Duch. fruit, cultivar Selva. Sci. Hort. 114(1): 27-32.

Klee, H. J , M B. Hayford, K. A. Kretzmer, G F. Barry, and G. M Kishore 1991 Control of ethylene synthesis by expression of a bacterial enzyme in transgnic tomato plants. Plant Cell 3(11) 1187-1193.

Klieber, A., W C Lin, P. A. Jolliffe, and J. W Hall 1993. Training systems affect canopy light exposure and shelf life of long English cucumber. J Amer Soc. Hort Sci 118(6). 786-790

Kim, H. J., J. M. Fonseca, C. Kubota, M Kroggel, and J. H. Choi 1969 Quality of fresh-cut tomatoes as affected by salt content in irrigation water and post-processing ultraviolet-C treatment. J Sci. Food Agr 88(11): 1969-1974

Kluge, R. A., V A. Modolo, A. P. Jacomino, J. A. Scarpare Folho, J. Tessarioli Neto, and K. Minami. 1998. Behavior of three vegetable fruits subjected to intermittent warming during cold storage (In Portuguese with English summary). Scientia Agricola 55(3). 473-479 c. a Hort. Abstr. 69(6): 4881; 1999.

Knowles, L., M R. Trimble, and N R. Knowles. 2001. Phosphorus status affects postharvest respiration, membrane permeability and lipid chemistry of European seedless cucumber fruit (*Cucumis sativus* L ). Postharvest Biol. Technol. 21: 179-188

Kondo, N., T. Fujiura, M Monta, Y. Shibano, K. Mohri, and H. Yamada. 1995. End-effectors for cherry-tomato barvesting robot Acta Horticulturae No. 399: 239-245.

Koseki, S. and K. Itoh. 2002. Effect of nitrogen gas packaging on the quality and microbial growth of fresh-cut vegetables under low temperatures. J Food Prot. 65(2): 326-332.

Koutsos, T. V., C. A. M. Portas, E. Paroussis, and G. Paraskevopoulou-Paroussi. 1994. Changes in pH, titratable acidity and total soluble solids of processing tomato varieties in relation to fruit storage until processing Acta Horticulturae No. 376: 155-162.

Kramer, G F. and C Y Wang 1989 Reduction of chilling injury in zucchini squash by temperature management HortScience 24 955-996

Kramer M., R. Sanders, H. Bolkan, C. Waters, R. E Sheehy, and W R Hiatt 1992 Postharvest evaluation of transgenic tomatoes with reduced levels of polygalacturonase: processing, firmness and disease resistance Postharvest Biology and Technonogy 1(3) 241-255

Krumbein, A., P Peters, and B. Bruckner. 2004 Flavour compounds and a quantitative descriptive analysis of tomatoes (*Lycopersicon esculentum* Mill ) of different cultivars in short-term storage Postharvest Biol Technol 32: 15-28.

Ku, V V V., R B. H Wills, and S. Ben-Yehoshua 1999 1-Methylcyclopropene can differentially affect the postharvest life of strawberries exposed to ethylene HortScience 34(1) 119-120

Lacheene, Z. E S. 1999 Reducing tomato fruit postharvest chilling sensitivity by dipping in hot calcium chloride solution Egypt. J Appl Sci. 14(3): 254-275.

Lalaguna, F. 1998. Response of 'Galia' muskmelon to irradiation as a quarantine treatment HortScience 33(1). 118-120.

Lamikanra, O., J C Chen, D. Banks, and P. A Hunter 2000 Biochemical and microbial changes during the storage of minimally processed cantaloupe. J. Agr. Food Chem. 48(12) 5955-5961.

Lamont, W J., Jr. 1999 Okra - a versatile vegetable crop HortTechnology 9(2) 179-184

Lee, S K. and A. A Kader 2000 Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. Postharvest Biol Technol 20 207-220.

Lee, S. G. and K. D. Ko. 2008 Ethophon application induces symptoms of fruit tissue degeneration in watermelon. J Plant Biol. 51(5) 337-340

Lee, K. A and Y. J Yang 1998 Effects of low temperature and CA on quality changes and physiological characteristics of chilling injury during storage of squash (*Cucurbita moschata*) (In Korean with English summary) J Korean Soc Hort Sci 39(4) 402-407. c a. Hort Abstr 69(1) 425, 1999.

Lee, K A and Y L Yang 1999 Effect of prestorage temperature

manipulations on reduction of chilling and quality retention during storage of squash (*Cucurbita moschata*) J Korean Sco Hort Sc. 40(4): 416-418.

Lee, Y. and Y J Yang 1999. Effect of chemical treatments on reduction of chilling injury and physiological changes during cold storage of squash (*Cucubita moschata*) (In Korean with English summary). J. Korcan Soc Hort. Sci. 40(6): 669-672 c a Hort Abstr. 70(6): 5030; 2000.

Lee, Y and Y J Yang. 1999. Physiological characteristic of chilling injury and CA effect on quality retention during cold storage of squash. Acta Hort No. 483: 339-347.

Lee, G. H., J. M. Bunn, Y. J. Han, and G. D. Christenbury. 1997. Ripening characteristics of light irradiated tomatoes J Food Sci 62(1): 138-140.

L'Heureux, G. P., M. Bergevin, J E Thompson, and C. Willenmot. 1993 Molecular species profile of membrane lipids of tomato pericarp during chilling. Acta Horticulturae No. 343 286-287.

Lee, E., S. A. Sargent, and D. J. Huber. 2007. Physiological changes in Roma-type tomato induced by mechanical stress at several ripening stages. HortScience 42. 1237-1242.

Lerdthanangkul, S. and J. M. Krochta. 1996. Edible coating effects on postharvest quality of green bell peppers. J. Food Sci. 61(1). 176-179

Lester, G. 1998. Diurnal Growth measurements of honeydew and muskmelon fruits, HortScience 33(1): 156.

Lester, G. E. and M. A. Grusak. 1999. Postharvest application of calcium and magnesium of honeydew and netted muskmelons: effects on tissue ion concentrations, quality, and senescence J Amer. Soc. Hort. Sci. 124(5): 545-552.

Lester, G. E. and M A. Grusak. 2004 Field application of chelated calcium. Postharvest effects on cantaloupe and honeydew fruit quality. HortTechnology 14(1): 29-38.

Lester, G. E. and D. M. Hodges. 2008. Antioxidants associated with fruit senescence and human health: Novel orange-fleshed non-netted honey dew melon genotype comparisons following different seasonal production and cold storage durations. Postharvest Biol Technol 48(3): 347-354

Lester, G E. and R A. Saftner. 2008. Marketable quality and phytonutrient

concentrations of a novel hybrid muskmelon intended for the fresh-cut industry and its parental lines: whole-fruit comparisons at harvest and following long-term storage at 1 or 5°C. Postharvest Biol. Technol. 48(2): 248-253.

Lester, G. and K. Shellie 2004 Honey dew melon. In. ARS, USDA Agric Handbook No. 66 revised. The Internet.

Lster, G E, R. A. Saftner, and D. M Hodges. 2007 Market quality attributes of orange-fleshed, non-netted honey dew melon genotypes following different growing seasons and storage temperature durations HortTechnology. 17: 346-352.

Le Strange, M., W. L Schrader, and T K Hartz. 2000. Fresh-market tomato production in California. University of California, Division of Agriculture and Natural Resources. Publication 8017 8 p.

Lichter, A., O. Dvir, E Fallik, S. Cohen, R. Golan, Z Shemer, and M Sagi 2002. Cracking of cherry tomatoes in solution. Postharvest Biol. Technol. 26: 305-312.

Lim, C S., S. M. Kang, J. L. Cho, K. C. Gross, and A. B Woolf. 2007 Bell pepper (*Capsicum annuum* L.) fruit are susceptible to chilling injury at the breaker stage of ripeness. HortSciences 42: 1659-1664

Lim, C S., S M. Kang, and J. L. Cho. 2009. Antioxidizing enzyme activities in chilling-sensitive and chilling-tolerant pepper fruit as affected by stage of ripeness and storage temperature. J. Amer Soc. Hort. Sci. 134. 156-163.

Lin, W C. and D. L Ehret. 1991 Nutrient concentration and fruit thinning affect shelf life of long English cucumber HortScience 26. 1299-1300.

Lin, W C. and P A. Jolliffe. 1995. Canopy light affects shelf life of long English cucumber. Acta Hort. 398 249-255.

Lin, W. C and P. A. Jolliffe. 1996. Light intensity and spectral quality affect fruit growth and shelf life of greenhouse-grown long English cucumber J. Amer. Soc. Hort. Sci. 121(6): 1168-1173.

Lin, W C. and M. E Saltveit 1997 Quality of winter squash affected by storage air composition and temperature Postharvest Horticulture Series – Department of Pomology, University of California No. 18 78

Lin, W C, J W Hall, and M E Saltveit 1993a. Fruit ripening affects

chilling injury of greenhouse peppers Acta Horticulturae No 343. 225-229.

Lin, W. C., J. W Hall, and M E. Saltveit 1993b Ripening stage affects the chilling sensitivity of greenhouse-grown peppers. J Amer Soc Hort. Sci. 118(6): 791-795.

Lipton, W. J. and C. Y. Wang. 1987 Chilling exposures and ethylene treatment change the level of ACC in 'Honey Dew' melons. J Amer. Soc. Hort. Sci 112: 109-112.

Lipton, W. J., S. J. Peterson, and C Y. Wang. 1987. Solar radiation influences solar yellowing, chilling injury, and ACC accumulation in 'Honey Dew' melons. J Amer. Soc Hort. Sci 112: 503-505.

Lorenz, O. A. and D N. Maynard. 1980 (2nd ed.). Knott's handbook for vegetable growers, Wiley-Interscience, N. Y. 390 p.

Lougheed, E. C. 1987. Interactions of oxygen, carbon dioxide, temperature, and ethylene that may induce injuries in vegetables. HortScience 22(5): 791-794.

Lownds, N. K., M Banaras, and P. W. Bosland. 1993. Relationship between postharvest water loss and physical properties of pepper fruit (*Capsicum annuum* L.). HortScience 28(12): 1182-1184.

Lownds, N. K., M. Banaras, and P. W. Bosland. 1994. Postharvest water loss and storage quality of nine pepper (*Capsicum* ) cultivars. HortScience 29(3): 191-193.

Lu, C. G., H. L. Xu, and L X. Zhou 1995 Effect of PG activity, ACC and ethylene production in fruit ripening of tomato (In Chinese with English summary). Acta Horticulturae Sinica 22(1): 57-60. (c. a. Hort. Abstr 66: 539; 1966.

Lu, C. G., H. L. Xu, R. C. Yang, and W. G. Yu. 1994. Storage-linked physiological characters of tomato carrying fruit ripening mutant genes and their implications in breeding (In Chinese with English summary). Jiangsu Journal of Agricultural Sciences 10(3): 5-10. (c a. Plant Breed Abstr. 65. 7626; 1995).

Luna-Guzmán, I and D. M Barrett. 2000 Comparison of calcium chloride and calcium lactate effectiveness in maintaining shelf stability and quality of fresh-cut cantaloupes. Postharvest Biol Technol 19: 61-72.

Luna-Guzmán, I., M Cantwell, and D M. Barrett. 1999 Fresh-cut cantaloupe. effects of $CaCl_2$ dips and heat treatments on firmness and metabolic activity Postharvest Biology and Technology 17 201-213

Luo, Y. and L. J. Mikitzel 1996 Extension of postharvest life of bell peppers with low oxygen. J. Sci. Food Agric 70(1): 115-119.

Lurie, S and D. Klein 1991 Acquisition of low-temperature tolerance in tomatoes by exposure to high temperature stress. J. Amer Soc Hort. Sci 116: 1007-1012.

Lurie, S., and R Ronen. 1993. The effects of synthetic growth regulators on chilling injury in pepper fruit during low temperature storage Acta Horticulturae No. 329: 275-277

Lurie, S , J D. Klein, C. Watkins, G. Ross, P Boss And I. F Ferguson 1993 Prestorage heat treatment of tomatoes prevents chilling injury and reversibly inhibits ripening. Acta Horticulturae No. 343 283-285

Lurie, S. and A. Sabehat. 1997. Prestorage temperature manipulations to reduce chilling injury in tomatoes. Postharvest Biology and Technology 11(1). 57-62.

Lurie, S., R. Ronen, and B. Aloni. 1995. Growth-regulator-induced alleviation of chilling injury in green and red bell pepper fruit during storage HortScience 30(3): 558-559.

Lurie, S., M Laamim, Z. Lapsker, and E. Fallik. 1997. Heat treatments to decrease chilling injury in tomato fruit. Effects on lipids, pericarp lesions and fungal growth. Physiologia Plantarum 100(2): 297-302

Lurie, S , J. D. Klein, E. Fallik, and L. Varjas 1998 Heat treatment to reduce fungal rots, insect pests and to extend storage. Acta Hort. No. 464 309-313.

Lutz, J M. and R. E Hardenburg. 1968. The commercial storage of fruits, vegetable and florist and nursery stocks. U S Dept Agric , Agric Handbook No 66. 94 p.

Madrid, R., F. Navarro, I. Collados, C. Egea, and A. L. Alarcon 1999 Development pf colour in red pepper fruits in soilless culture. J Hort. Sci Biotechnol 74(2): 175-180.

MAFF, Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, UK b998 EC quality standards for horticultural produce: Fresh vegetables London

Maharaj, R , J Arul, and P Nadeau. 1999 Effect of photochemical treatment in the preservation of fresh tomato (*Lycopersicon esculentum* cv Capello) by delaying senescence Postharvest Biology and Technology 15(1): 13-23

Mahovic, M., S A. Sargent, and J A Bartz. 2007. Identifying and controlling postharvest tomato diseases in Florida. University of Florida, IFAS Extension The Internet

Mahovic, M. J., R Shukla, R. M Goodrich-Schneider, M. V Wood, J. K Brecht, and K. R. Schneider. 2008. *Bacillus atrophaeus* spore survival on netted muskmelon surfaces after moist heat treatment. HortTechnology 18.

Makus, D. J. and J. R. Morris. 1998. Preharvest calcium applications have little effect on mineral distribution in ripe strawberry fruit HortScience 33(1): 64-66.

Manzano, J. E and J. Zambrano 1995 Effect of wax coatings on the behavior of pepper at different storage temperatures. (In Spanish with English summary). Proceedings of the Interamerican Society for Tropical Horticulture 39: 39-45. c a. Hort. Abstr. 67(6): 4998; 1997.

Marshall, D E 1995. Mechanical pepper harvesting. 1995. Acta Horticulturae No. 412: 285-292.

Marshall, D. E and R. C. Brook. 1999. Reducing bell pepper bruising during postharvest handling. HortTechnology 9(2): 254-258.

Martinez, C., G Ros, M. J. Periago, G Lopez, J. Ortuno, and F Rincon. 1995. Physico-chemical and sensory quality criteria of green beans (*Phaseolus vulgaris* L.). Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie 28(5) 515-520. c. a. Hort. Abstr. 67(10): 8563, 1997.

Massey, L. M., Jr. and B. R. Chase. 1971. The effect of (2-chloroethyl) phosphonic acid on the yield and quality of processing tomatoes for juice HortScinece 6: 570-571.

Mattsson, K. 1993 ACC-Levels during growth of parthenocarpic glasshouse cucumbers (*Cucumis sativus* L.). Acta Hort. No. 343: 1-5.

Mayberry, K. S. and T K Hartz. 1992 Extension of muskmelon storage life through the use of hot water treatment and polyethylene wraps. HortScience 27: 324-326.

McCollum, T G 1990 Gene B influence susceptibility to chilling injury in

*Cucurbita pepo*. J Amer Soc Hort Sci 115: 618-622

McCollum, T G and R E McDonald. 1993 Tolerance of cucumber fruit to immersion in heated water and subsequent effects on chilling tolereance. Acta Hort. No 343. 233-237.

McCollum, T. G., H Doostdar, R T. Mayer, and R E. McDonald. 1995 Immersion of cucumber fruit in heated water alters chilling-induced physiological changes Postharvest Biology and Tecnology 6(1/2) 55-64

McCollum, T. G., P J Stoffella, C. A. Powell, D J Cantliffe, and S Hanif-Khan 2004 Effects of silverleaf whitefly feeding on tomato fruit ripening Postharvest Biology and Technology 31: 183-190

McDonald, R E, T G McCollum, and E. A. Baldwin 1996 Prestorage heat treatments influence free sterols and flavor volatiles of tomatoes stored at chilling temperature. J. Amer Soc Hort Sci 121(3): 531-536

McDonald, R E, T G McCollum, and E A Baldwin 1998 Heat treatment of mature-green tomatoes: differential effects of ethylene and partial ripening J Amer. Sco Hort Sci. 123(3): 457-462.

McGarvey, B D., A A Reyes, and M Chiba. 1994. Decline of oxamyl residues in tomatoes in cool, modified-atmosphere storage. HortScience 29(4) 297-298.

Meir, S., I Rosenberger, Z. Aharon, S Grinberg, and E Fallik 1995 Improvement of the postharvest keeping quality and color development of bell pepper (cv 'Maor') by packaging witb polyethylene bags at a reduced temperature. Postharvest Biology and Technology 5(4) 303-309

Meir, S., S Philosph-Hadas, S. Lurie, S Droby, M Akerman, G Zauberman, B Shapiro, E Cohen, and Y. Fuchs 1996 Reduction of chilling injury in stored avocado, grapefruit, and bell pepper by methyl jasmonate Canad J Bot. 74(6) 870-874.

Mekwatanakarn, W and D G. Richardson 1997 Snap bean varietal storage life in modified atmosphere packages, pp 59-65 In M E Saltveit (ed) International Controlled Atmosphere Research Conference University of California, Davis, California.

Mencarelli, F. 1987 Effect of high CO2 atmosphere on stored zucchini squash. J Amer Soc Hort Sci. 112(6) 985-988

Mencarelli, F, F Fontana, and R. Massantini. 1991 Postharvest practices to reduce cbilling injury (CI) on eggplants, pp 49-55 In. Proceedings of the

fifth international controlled atmosphere research conference, Wenatche, Wash., U.S.A., 14-16. June, 1989. Vol. 2. Washington State University, Pullman, Washington.

Mencarelli, F., B. Ceccantoni, A. Bolini, and G. Anelli. 1993. Influence of heat treatment on the physiological response of sweet pepper kept at chilling temperature. Acta. Horticulturae No. 343: 238-243.

Mercado, J. A., M. A. Quesada, V. Valpuesta, M. Reid, and M. Cantwell. 1995. storage of bell peppers in controlled atmospheres at chilling and nonchilling temperatures. Acta Horticulturae No. 412: 134-142.

Miccolis, V. and M. E. Saltveit. 1995. Influence of storage period and temperature on the postharvest characteristics of six melon (*Cucumis melo* L., Inodorus Group) cultivars. Postharvest Biology and Technology 5(3): 211-219.

Miller, C. H. and G. R. Hughes. 1969. Harvest indices for pickling cucumbers in once-over harvested systems. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 94: 485-487.

Minges, P. A., A. A. Muka, A. F. Sherf, and R. F. Sandsted. 1971. Vegetable production recommendations: Cornell Univ., Ithaca, N. Y. 36 p.

Mir, N., M. Canoles, R. Beaudry, E. Baldwin, and C. P. Mehla. 2004. Inhibiting tomato ripening with 1-methylcyclopropene. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 129(1): 112-120.

Miszczak, A., C. F. Forney, and R. K. Prange. 1995. Development of aroma volatiles and color during postharvest ripening of 'Kent' strawberries. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 120(4): 650-655.

Mitcham, B. 1996. quality assurance of strawberries: a case study. Preishables Handling Newsletter Issue No. 85: 6-9. The Internet.

Mitchan, E. J., C. H. Crisosto, and A. A. Kader. 2007. Strawberry: recommendations for maintaining postharvest quality. Postharvest Technology Research & Information Center, University of California, Davis.

Mitchell, F. G., E. Mitcham, J. F. Thompson, and N. Welch. 1996. Handling strawberries for fresh market. University of California, Division of Agriculture and Natural Resources. Pub. 2442. 14 p.

Moa, L., Y. Karakurt, and D. J. Huber. 2004. Incidence of water-soaking and

phospholipids catabolism in ripe watermelon (*Citrullus lanatus*) fruit induction by ethylene and prophylactic effects of 1-methylcyclopropene Postharvest Biol Technol. 33: 1-9.

Moelich, D. H., M. C. Dodd, and M. Huysamer 1996. Fruit maturity studies in 'Galia 5' and 'Doral' melons. I. temperature relations between chemical, physical and physiological maturity indices. J. South African Soc Hort Sci. 6(2): 59-63.

Moelich, D. H., M. C. Dodd, and M. Huysamer 1996. Fruit studies in 'Galia 5' and 'Doral' melons. II. The effect of harvest maturity on the postharvest quality after simulated shipping. J South African Soc. Hort Sci. 6(2): 64-68.

Monreal, M., B. De Ancos, and M. P. Cano. 1998 Effects of critical low-oxygen atmospheres on oxydoreductases enzyme activities of cold stored green bean (*Phaseolus vulgaris* L., cv Perona), p. 81. In COST 915, Consumer Oriented Quality Improvement of Fruit and Vegetable Products. Polytechnic University of Madrid, Spain

Moretti, C. L., E. A. Baldwin, S. A. Sargent, and D. J. Huber. 2002. Internal brusing alters aroma volatile profiles in tomato fruit tissues. HortScience 37(2): 378-382.

Morris, J. R. 1999. Developing mechanized system for producing, harvesting, and handling brambles, strawberries, and grapes. HortTechnology 9(1): 22-31

Morris, S. and J. Jobling. 2004. Pea. In: ARS. USDA Agric. Handbook 66 revised. The Internet.

Motsenhocker, C. E. 1996. Detachment force and fruit characteristics of tabasco pepper at several stages of development HortScience 31(7): 1231-1233.

Moyls, A. L., P. L. Sholberg, and A. P. Gaunce. 1996. Modified-atmosphere packaging of grapes and strawberries fumigated with acetic acid. HortScience 31(3): 414-416.

Mukkun, L, and Z. Singh. 2009. Methyl jasmonate plays a role in fruit ripening of 'Pajaro' strawberry through stimulation of ethylene biosynthesis. Sci Hort 123(1): 5-10.

Murray, A. J., G. E. Hobson, W. Schuch, and C. R. Bird. 1993 Reduced

ethylene tomatoes has differential effects on fruit processes. Postharvest Biology and Technology 2(4): 301-313.

Nagao, A., T. Indou, and H. Dohi. 1991. Effects of curing conditions and storage temperature on postharvest quality of squash fruit. (In Japanses with English summary). J. Jap. Soc. Hort. Sci. 60(1): 175-181. c a. Hort Abstr. 64(6): 4513; 1994.

Narciso, J. A., E. A. Baldwin, A. Plotto, and C. M. Ference. 2007. Preharvest peroxyacetic acid sprays slow decay and extend shelf life of strawberries. HortScience 42: 617-621.

Navazio, J. P. and J. E. Staub. 1994. Effects of soil moisture, cultivar, and postharvest handling on pillowy fruit disorder in cucumber. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 119(6): 1234-1242.

Nelson, A. I. and M. P. Steinberg. 1970. Sweet cron, pp. 314-349. In: G. E. Inglett (ed.). Corn: culture, processing, products. The Avi Pub. Co., Inc., Westport, Connecticut.

Nilsson, T. 2005. Effects of ethylene and 1-MCP on ripening and senescence of European seedless cucumbers. Postharvest Biol. Technol. 36: 113-125.

Ng, T. J. and E. C. Tigchelaar. 1997. Action of the non-ripening (nor) mutant on fruit ripening of tomato. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 102(4): 504-509.

Nichols, M. A. 2006. Towards 10 t/ha brix. Acta Hort. 724: 217-223.

Nigro, F., A. Ippolito, V. Lattanzio, D. D. Venere, and M. Salerno. 2000. Effect of ultraviolet-C light on postharvest decay of strawberry. J. Plant Path. 82(1): 29-37.

Nothmann, J. 1986. Eggplant, pp. 145-152. In: S. P. Monselise (ed.). CRC handbook of fruit set and development. CRC Press, Inc., Boca Raton, Florida.

Ntahimpera, N., L. L. Wilson, M. A. Ellis, and L. V. Madden. 1999. Comparison of rain effects on splash dispersal of three *Colletotrichum* species infecting strawberry. Phytopthology 89: 555-563.

Nunes, M. C. N. and J. P. Emond. 1999. Chlorinated water treatment affects postharvest quality of green bell peppers. J. Food Quality 22(3): 353-361.

Nunes, M. C. N., J. K. Brecht, A. M. M. B. Morais, and S. A. Sargent. 1996. Controlling temperature and water loss maintain vitamin C levels in strawberry during postharvest handling, pp. 322-326. In: M. P. Pritts, C.

K Chandler, and T E Crocker (eds.). Proceedings of the IV North American strawberry conference University of Florida, Gainesville

Nunes, M C. N , J. K Brecht, A M M. B Morais, and S A Sargent 1998 Controlling temperature and water loss to maintain ascorbic acid levels in strawberries during postharvest handling Journal of Food Science 63(6): 1033-1036.

Nunes, M. C. N., A. M. M B. Morais, J K Brecht, S A. Sargent, and J A Bartz 2005 Prompt cooling reduces incidence and severity of decay caused by *Botrytis cinerea* and *Rhizopers stolonifer* in strawberry HortTechnology 15(1): 153-156.

Nunes, M C N , A M M. B Morais, J. K Brecht, and S A Sargent 2002 Fruit maturity and storage temperature influence response of strawberries to controlled atmospheres. J. Amer Soc. Hort Sci 127(5) 836-842

Obando-Ulloa, J M et al 2008. Aroma volatiles associated with the senescence of climacteric or non-climacteric melon fruit Postharvest Biol. Technol 52(2) 146-155.

Obando-Ulloa, J. M. et al. 2008. Climacteric or non-climacteric behavior in melon fruit. 1. Aroma volatiles. Postharvest Biol Technol 49(1) 27-37

Oeller P W., M. W. Lu, L. P Taylor, D. A Pike, and A Thoelogis 1991 Reversible inhibition of tomato fruit senescence by antisense R.N.A Science (Washington) 254: 437-439.

Ohta, K., N. Ito, T Hosoki, and K. Endo 1992 Studies on whole truss-harvesting method of cherry tomato by ethrel and abscisic acid treatments. (In Japanese with English summary). J Japanese Soc Hort Sci. 61(1). 49-53 (c. a Hort Abstr. 64(10): 7989, 1994)

Omar, S A and A L E Mahmoud 1994 Post-harvest of tomato in relation to lyases and mycotoxin production *in vitro* and *in vivo* Cryp-togamic, Mycologie 15(4): 273-281. (c. a. Rev. Plant Path 74. 5024, 1995).

Ontai, S L., R. E Paull, and M. E. Saltveit, Jr. 1992 Controlled-atmosphere storage of sugar peas. HortScience 27(1): 39-41.

Palau, E and A Torregrosa 1997 Mechanical harvesting of paprika peppers in Spain. J Agric. Eng Res 66(3) 195-201.

Palevitch, D 1970. Defoliation of snap beans with pre-harvest treatment of 2-chloroethylphosphonic acid. HortScience 5: 224-226.

Parrasca, J A. T , T. Miyazaki, H Hisaka, H Nakagawa, and T Sato. 2000. Effect of modified atmosphere (MAP) and controlled atmosphere (CA) storage on the quality of snow pea pods (*Pisum sativum* L. var *saccharatum*). Postharvest Biol. Technol 21 213-223.

Park, W. P. and S. H. Cho. 1997 Effect of modified atmosphere packaging conditions on storage quality of zucchini Postharvest Horticulture Series - Department of Pomology, University of California No. 18. 84-88.

Park, K. W. and H M. Kang. 1998. Effects of the sources and thickness of plastic films on the shelf life and quality of cucumber during modified atmosphere storage. (In Korean with English summary). J. Korean Soc. Hort. Sci. 39(4). 397-401 c. a. Hort. Abstr. 69(1). 419-1999.

Park, H. J., M. S. Chinnan, and R L. Shewfelt 1994. Edible coating effects on storage life and quality of tomatoes. Journal of Food Science 59(3): 568-570.

Paz, O., H. W. Janes. B. A. Prevost, and C. Frenkel. 2006. Enhancement of fruit sensory quality by post-harvest applications of acetaldehyde and ethamol. J. Food Sci. 47(1): 270-273.

Pelayo-Zaldivar, C., J. Ben Abda, S. E. Ebeler, and A. A Kader. 2007 Quality and chemical changes associated with flavor of 'Camarosa' strawberries in response to a $CO_2$-enriched atmosphere. HortScience 42(2): 299-303.

Pérez, A. G., C. Sanz, R. Olias, J J. Rios, and J. M Olias. 1997 Effect of modified atmosphere packaging on strawberry quality during shelf-life Postharvest Horticulture Series – Department of Pomology. University of California, Davis No. 17: 153-159.

Perkins, D. L., J. C. Miller, and S. L. Dallyn. 1952. Influence of pod matarity on the vegetable and reproductive growth of okra. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 60: 311-314.

Perkins-Veazie, P. 1995. Growth and ripening of strawberry fruit. Hort. Rev. 17: 267-297.

Perkins-Veazie, P. 1996. Strawberry physiology and maintenance of quality pp. 19-26. In: M. P Pritts, C. K. Chandler, and T. E. Crocker (eds.). Proceedings of the IV North American strawberry conference. University of Florida, Gainesville.

Perkins-Veazie, P. 2004. Okra. In: ARS, USDA Agric. Handbook 66 revised. The Internet.

Perkins-Veazie, P. and J. K. Collins. 1995. Strawberry fruit quality and its maintenance in postharvest environments. Adv. Strawberry Res. 14: 1-8.

Perkins-Veazie, P. and J. K. Collins. 2004. Fresh quality and lycopene stability of fresh-cut watermelon. Postharvest Biol. Technol. 31: 159-166.

Perry, K. B., D. C. Sanders, D. M. Granberry, J. T. Garrett, D. R. Decoteau, R. T. Nagata, R. J. Dufault, K. D. Batal, and W. J. McLaurin. 1993. Heat units, solar radiation and daylength as pepper harvest predictors. Agricultural and Forest Meteorology 65(3-4): 197-205.

Picha, D. H. 1986. Postharvest fruit conditioning reduces chilling injury in watermelons. HortScience 21: 1407-1409.

Picha, D. H. 1987. Physiological factors associated with yellow shoulder expression in tomato fruit. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 112: 798-801.

Picha, D. 1997. Strategic option for the development of the Egyptian strawberry export industry. Agricultural Technology Utilization and Transfer Project, Ministry of Agriculture and Land Reclamation, Egypt.

Polderdijk, J. J., H. A. M. Boerrigter, E. C. Wilkinson, J. G. Meijer, and M. F. M. Janssens. 1993. The effects of controlled atmosphere storage at varying levels of relative humidity on weight loss, softening and decay of red bell peppers. Scientia Horticulturae 55(3-4): 315-321.

Poovaiah, B. W. and A. Nukaya. 1979. Polygalacturonase and cellulase enzymes in the normal Rutgers and mutant rin tomato fruits and their relationships to the respiratory climacteric. Plant Physiol. 64: 534-537.

Portela, S. I. and M. I. Cantwell. 2001. Cutting blade sharpness affects appearance and other quality attributes of fresh-cut cantaloupe melon. J. Food Sci. 66(9): 1265-1270.

Prabha, T. N., Bbagyalakshmi, Neelwarne, and R. N. Tharanathan. 1998. Carbohydrate changes in ripening *Capsicum annuum* in relation to textural degradation. Zeitschrift fur Lebensmittel-Untersuchung und-Forschung 206(2): 121-125. c. a. Hort. Abstr. 68(6): 5046; 1998.

Produce Marketing Association and United Fresh Fruit and Vegetable Association. 2005. Commodity specific food safety guidelines for the melon supply chain. Pima, Newark, DE and United, Wash., DC. The Internet.

Protrade. 1995 Melons export manual GTZ, Eschborn, Germany 36 p

Purvis, A. C. 1994. Interaction of waxes and temperature in retarding moisture loss from and chilling injury of cucumber fruit during storage Proceedings of the Florida State Horticultural Society 107: 257-260.

Purvis, A. C. 2002 Diphenylamine reduces chilling injury of green bell pepper fruit Postharvest Biology and Technology 25: 41-48.

Radulovic, M., D Ban, S. Sladonja, and V. Lusetic-Bursic. 2007. Changes of quality prarameters in watermelon during storage. Acta Hort. 731: 451-456.

Raffo, A., I. Baiamonte, N. Nardo, and F. Paoletti. 2007. Internal quality and antioxidants contenet of cold-stored red sweet peppers as affected by polyethylene bag packaging and bot water treatment Europ. Food Res. Technol. 225(3-4). 395-405.

Rahman, A. A., D. J. Huber, and J. K. Brecht. 1993 Respiratory activity and mitochondrial oxidative capacity of bell pepper fruit following storage under low-oxygen atmosphere. J. Amer. Sco. Hort Sci. 118(4): 470-475.

Ramos-Clamont, M. G et al. 1997. Reduction of chilling injury susceptibility by polyamines application in zucchini squash (*Cucurbita pepo* L.). Proc. Interamerican Soc. Trop. Hort. 41: 18-23.

Read, P. E. 1982. Plant growth regulator use in field-scale vegetable crops, pp. 285-296. In: J. S. McLaren (ed.). Chemical manipulation of crop growth and development. Butterworth Scientific, London.

Reddy, M. V. B., P. Angers, F. Castaigne, and J. Arul. 2000. Chitosan effects on blackmold rot and pathogenic factors produced by *Alternaria alternata* in postharvest tomatoes. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 125(6): 742-747.

Reddy, M. V. B., K. Belkacemi, R. Corcuff, F. Castaigne, and J. Arul. 2000. Effect of pre-harvest chitosan sprays on post-harvest infection by *Botrytis cinerea* and quality of strawberry fruit. Postharvest Biology and Technology 20: 39-51.

Redit, W. H and A. A. Hamer. 1961. Protection of rail shipments of fruits and vegetables. U. S. Dept. Agr., Agr. Handbook No. 195. 108 p.

Risse, L. A. and R. E McDonald. 1990 Quality of supersweet corn film-wrapped in trays. HortScience 25(3): 322-324.

Risse, L A., D Chun, R. E. McDonald, and W R. Miller 1987 Volatile production and decay during storage of cucumbers waxed, imazalil-treated and film-wrapped. HortScience 22: 274-276.

Risse, L A., J K Brecht, S A. Sargent, S J Locascio, J M Crall, G W Elmstrom, and D N Maynard. 1990. Storage Characteristics of small watermelon cultivars. J Amer. Soc Hort. Sci. 115: 440-443

Ritenour, M and J. A. Narciso. 2006 Postharvest calcium chloride dips of whole tomato fruit reduce postharvest decay under commercial conditions HortScience 41(4): 1016-1017.

Robinson, R. W and D S. Decker-Walters. 1997 Cucurbits. CAB International, Wallingford, U. K.

Rodov, V , S Ben-Yehoshua, T. Fierman, and D Fang 1995 Modified-humidity packaging reduces decay of harvested red bell pepper fruit. HortScience 30(20: 299-302.

Rodov, V., A. Copel, Y. Aharoni, N. Aharoni, M. Nir, A Shapira, and G Gur. 1998 Modified atmosphere packaging of cucurbit vegetables. p. 19 In. COST 915, Consumer oriented quality improvement of fruit and vegetable products. Polytechnic University of Madrid, Spain

Rodov, V., B. Horev, Y Vinokur, A Copel, Y Aharoni, and N. Aharoni 2002 Modified-atmosphere packaging improves keeping quality of charantais-type melons HortScience 37(6): 950-953.

Rodov, V , A. Copel, N. Aharoni, Y. Aharoni, A. Wiseblum, B. Horev, and Y Vinokur 2000 Nested modified atmosphere packages maintain quality of trimmed sweet corn during cold storage and the shelf life period Postharvest Biology and Technology 18: 259-266.

Rodriguez, S. del C., B Lopez, and A. R. Chaves. 1999 Changes in polyamines and ethylene during the development and ripening of eggplant fruits (*Solanum melongena*). J. Agric Food Chem 47(4): 1431-1434.

Román-Hernadez, O. and J. S. Beaver. 1996. Optimum stage of development for harvesting green-shelled beans. Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico 80(3). 89-94.

Rosen, J C and A. A Kader. 1989 Postharvest physiology and quality maintenance of sliced pear and strawberry fruits. J Food Sci 54(3) 656-659

Ruan, R R., P L Chen, and S Almaer 1999 Nondestructive analysis of sweet corn maturity using NMR. HortScience 34(2): 319-321.

Rubatzky, V. E. and M. Yamaguchi. 1999. World vegetables: principles, production, and nutritive values (2nd ed.). Aspen Pub., Inc., Gaithersburg, Maryland, USA. 843 p.

Rushing, J W. 2004. Watermelon. In: ARS, USDA Handbook 66 revised. The Internet.

Russo, V. M. 1996. Delaying harvest improves bell pepper yield. HortScience 31(3). 345-346.

Rylski, I 1986. Pepper (*Capsicum*), pp. 341-354 In. S P Monselise (ed.) CRC handbook of fruit set and development CRC Press, Inc , Boca Raton, Florida.

Sabebat, A., D. Weiss, and S. Lurie 1995 Persistence of heat shock proteins in heated tomato fruit and the resistance to chilling injury of the fruit Acta Hort No 398. 11-21.

Sabehat. A., D Weiss, and S. Lurie 1996. The correlation between heat-shock protein accumulation and persistence and chilling tolerance in tomato fruit. Plant Pbysiology 110(2): 531-537.

Sacks, Y., A. Capel, and R. Barkai-Golan. 1996. Improvement of harvested strawberry quality by illumination: colour and *Botrytis infection.* Postharvest Biol. Tech. 8(1): 19-27.

Saftner, R. A. and G. E. Lester. 2009 Sensory and analytical characteristics of a novel hybrid muskmelon fruit intended for the fresh-cut industry. Postharvest Biol. Technol. 51(3): 327-333.

Saladie, M., A. J Matas, T. Isaacson et al 2007 A reevaluation of the key factors that influence tomato fruit softening and integrity. Plant Physilogy 144: 1012-1028.

Saltveit, M. E 1997. A summary of CA and MA requirements and recommendations for harvested vegetables. CA '97 Proceedings, Vol 4, pp 98-117. Postharvest Horticulture Series No. 18, University California, Davis.

Saltveit, M E. 2004. Cucumber. In: ARS, USDA Agric. Handbook 66 revised. The Internet.

Saltveit M E Jr and A. R Sharaf 1992 Ethanol inhibits ripening of tomato fruit harvested at various degrees of ripening without affecting subsequent quality J Amer Soc Hort Sci. 117(5) 793-798

Salunkhe, D K and B B. Desai 1984 Postharvest biotechnology of vegetables Vol. 1 CRC Press, Inc , Boca Raton, Florida. 208 p

Salunkhe, D K and B B Desai 1984 Postharvest biotechnology of vegetables Vol II CRC Press, Inc., Boca Raton, Florida. 194 p

Salunkhe, D K and S S Kadam (eds.) 1998 Handbook of vegetable science and technology Marcel Dekker, Inc., N Y 721 p

Sandsted, R F 1966 Commercial snap bean production in New York Sate Cornell Ext. Bul. 1163 30 p.

Sargent, S 2006 Handling Florida vegetables. pepper IFAS Extension, University of Florida The Internet.

Sargent, S A. and C L Moretti 2004 Tomato In. ARS, USDA, Agric Handbook 66 revised. The Internet.

Srgent, S. A., J K Brecht, M D. Ferreira, and J A Bartz 1996 New technologies for postharvest handling, pp. 27-28 In M P Prits, C K Chandler and T E Crocker (eds.). Proceedings of the IV North American strawberry conference. University of Florida, Gainesville

Savvas, D , I Karapanos, A. Tagaris, and H. C Passam 2009 Effects of NaCl and silicon on the quality and storage ability of zucchini squash fruit J. Hort Sci. Biotechnol. 84(4) 381-386.

Scalon, S. de P. Q 1999 Efects of $CaCl_2$ application in strawberry. (In Portuguese with English summary) Revista Brasileira Fruitcultura 21(2) 156-159. c a. Hort Abstr 70· 1937; 2000

Saniewski, M. and K Czapski 1990. The Effect of aminooxyacetic acid on ethylene production induced by methyl jasmonate in tomatoes Biologia Plantarum 32(3): 218-222

Schuch. W , J Kanczler, D. Robertson, G Hobson, G Tucker, D Grierson, S Bright, and C Bird. 1991 Fruit quality characteristics of transgenic tomato fruit with altered polygalacturonase activity HorScience 26 1517-1520

Senesi, E , C Prinzivalli, M Sala, and M Gennari 2000 Pysicochemical

and microbiological changes in fresh-cut green bell peppers as affected by packaging and storage Italian J Food Sci. 12(1): 55-64.

Serrano, M , M. C. Martinez-Madrid, F. Romojaro, and F. Riquelme. 19995. Polyamine accumulation in cold stored peppers. Acta Horticulturae No. 412: 127-133.

Serrano, M., M. C Martinez-Madrid, M. T. Pretel, F. Riquelme, and F. Romojaro. 1997 Modified atmosphere packaging minimizes increases in putrescine and abscisic acid levels caused by chilling injury in pepper fruit J Agric. Food Chem. 45(5) 1668-1672.

Sethu, K. M. P., T. N. Prabha, and R. N Tharanathan. 1996 Post-harvest biochemical changes associated with softening phenomenon in *Capsicum annuum* fruits. Phytochemistry 42(4): 961-966.

Sharom, M., C. Willemot, and J. E. Thompson. 1994. Chilling injury induces lipid phase changes in membranes of tomato fruit Plant Physiology 105(1): 305-308.

Shellie, K. C. 1999. Muskmelon (*Cucumis* melo L.) fruit ripening and postharvest quality after a preharvest spray of aminoethoxyvinylgycine. Postharvest Biol. Technol. 17(1). 55-62.

Shellie, K. C. and G. Lester. 2004. Netted melons. In: ARS, USDA Agric. Handbook No. 66 revised. The Internet.

Shewfelt, R. L. and S. E. Prussia (eds.). 1993. Postharvest handling: a systems approach. Academic Press, San Diego, California. 358 p.

Shewfelt, R. L., S. E. Prussia, J. L. Jordan, W. C. Hurst, and A. V. A. Resurreccion. 1986. A systems analysis of postharvest handling of fresh snap beans. HortScience 21(3): 470-472.

Shin, Y., J. A. Ryu, R. H. Liu, J. F. Nock, and C. B. Watkins. 2008. Harvest maturity, storage temperature and relative humidity affect fruit quality, antioxidant contents and activity, and inhibition of cell proliferation of strawberry fruit. Postharvest Biol. Technol. 49(2):201-209.

Sholberg, P. L. and A. P. Gaunce. 1995. Fumigation of fruit with acetic acid to prevent postharvest decay. HortScience 30(6): 1271-1275.

Sholberg, P., P Haag, R Hocking, and K. Bedford. 2000. The use of vinegar vapor to reduce postharvest decay of harvested fruit HortScience 35(5). 898-903

Shoemaker, J S 1953. Vegetable growing (2nd Ed ). Wiley, N Y 515 p

Showalter, R. K 1993 Postharvest water intake and decay of tomatoes HortTechnology 3(1): 97-98.

Siller-Cepeda, J H. 2004. Eggplant. In: ARS, USDA Agric Handbook 66 revised. The Internet.

Sims, W. L. and R. F Kasmire. 1972 Ethephon response favorable on fresh maket tomatoes Calif Agric. 26(5): 3-4

Sims, W. L. and B. Zahara. 1978 Growing pickling cucumbers for mechanical harvesting Univ Calif., Div. Agr Sci Leaflet No 2677. 16 p

Sims, W L., H Johnson, R F Kasmire, V E Rubatzky, K. B Tyler, and R E Voss 1978 Home vegetable gardening Div Agric Sci , Univ Calif , Leaflet No 2989 42 p.

Sims, W. L., R K Kasmire, and O A Lorenz 1978 Quality sweet corn production in California Univ. Calif., Div Agric Sci , Leaflet No 2818. 20 p

Sims, W. L. and R W Scheuerman 1979 Mechanized growing and harvesting of fresh market tomatoes. Div. Agric. Sci., Univ Calif , Leaflet No 2815. 21 p.

Singh, M., K. Dhawan, and S. P. Malhorta 2000 Carbohydrate metabolism in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill) fruits during ripening J Food Sci. Technol. (Mysore). 37(3): 222-226

Siriphanich, J. 1998 High $CO_2$ atmosphere enhances fruit firmness during storage. J. Jap. Soc. Hort. Sci. 67(6): 1167-1170.

Sisler, E. C. and N Lallu. 1994. Effect of diazocyclopentadiene (DACP) on tomato fruit harvested at different ripening stages Post Harvest Biology and Technology 4(3): 245-254.

Smith, R B. 1986. Bulkstorage of mechanically harvested strawberries for processing. HortScience 21: 478-480.

Smith, R. B. and E J Skog. 1992 Postharvest carbon dioxide treatment enhances firmness of several cultivars of strawberry HortScience 27(5) 420-421.

Smith, S M., J. W. Scott, J A. Bartz, and S. A Sargent 2007 Effect of time after harvest on stem scar water absorption in tomato HortScience 42: 1227-1230.

Smith, D. L., K. C. Gross, and B. D. Whitaker 2008 Analysis of softening in air- and ethylene-treated rin, nor and wild-type tomato fruit. Postharvest Biol Technol. 49(2): 314-317.

Smith, S. M., J. W. Scott, J. A. Bartz, and S. A. Sargent. 2008. Diallel analysis of fruit water absorption in tomato, a contributing factor in postharvest decays. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 133: 55-60.

Soto-Zamora, G., E. M. Yahia, J. K. Brecht, and A. Gardea. 2005. Effct of postharvest hot air treatments on the quality of antioxidant levels in tomato fruit. Food Sci. Technol. 38(6): 657-663.

Splittstoesser, W. E. and J. S. Vandemark. 1971. Maturaton, fruit size, and yield of tomatoes treated before harvest with (2-chloroethyl) phosphonic acid. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 96: 564-567.

Stern, D. J., R. G. Buttery, R. Teranishi, L. Ling, K. Scott, and M. Cantwell. 1994. Effect of storage and ripening on fresh tomato quality. Part. 1. Food Chemistry 49(3): 225-231. (c. a. Hort. Abstr. 65: 2209; 1995).

Stevens, C. et al. 1997. Integration of ultraviolet (UV-C) light with yeast treatment for control of postharvest storage rots of fruits and vegetables. Biol. Cont. 10(2): 98-103.

Studer, H. E., P. Chen, and A. A. Kader. 1981. Damage evaluation of machine harvested fresh market tomatoes. Transactions of the ASAE 24(2): 284-287.

Subrata, I. D. M., T. Fujiura, H. Yamad, M. Hida, T. Yukawa, and S. Nakoa. 1996. Cherry tomato harvesting robot using 3-D vision sensor (Part 1). Recognition of cherry tomato. (Japanese; English summary). J. Jap. Soc. Agr. Mach. 58(4): 45-52. c. a. Hort. Abstr. 67: 1377; 1997.

Suslow, T. V. 2007. Prevention of postharvest water infiltration into fresh market tomatoes: food safety and spoilage control practices. Veg. Res. Inf. Center, UC Davis, California. The Internet.

Suslow, T. 2000. Problem solver: bell peppers hit with late season losses to decay. Perishables Handling Quarterly. Issue No. 101: 1.

Suslow, T. V. 2007. Watermelon: recommendations for maintaining postharvest quality. Postharvest Technology Research & Information Center, University of California, Davis. The Internet

Suslow, T. V. and M. Cantwell 2007 Cucumber: recommendations for

maintaining postharvest quality. Postharvest Technology Research & Information Center, UC, Davis. The Internet

Suslow, T V and M. Cantwell 2007 Pea snow and snap pod Postharvest Technology Research & Information Center, UC Davis. The Internet

Suslow, T. V. and M. Cantwell. 2007 Squash (soft rind). recommendation for maintaining postharvest quality Postharvest Technology Research & Information Center. UC, Davis The Internet.

Suslow, T V and M. Cantwell. 2007. Sweet corn. recommendation for maintaining postharvest quality Postharvest Technology Research & Information Center. University of California, Davis. The Internet

Suslow, T V and M. Cantwell. 2006. Tomato: recommendations for maintaining postharvest quality. Postharvest Technology Research & Information Center, UC Davis The Internet.

Suslow, T V., M. Cantwell, and J. Mitchell 2007. Cantaloupe: recommendations for maintaining postharvest quality. Postharvest Technology Research & Information Center, University of California, Davis. The Internet.

Suslow, T. V., M. Cantwell, and J Mitchell. 2007 Honeydew melon: recommendations for maintaining postharvest quality. Postharvest Technology Research & Information Center, University of California, Davis. The Internet.

Tabuchi, T., S. Ito, and N. Arai. 2000. Structural changes in the abscission zones of pedicels at different ripening stages of tomato. J Jap. Soc Hort. Sci 69(6): 705-707

Talbot, M T., S. A. Sargent, and I. K. Brecht. 2006. Cooling Florida Sweet corn IFAS Extension, University of Florida. The Internet.

Tatsumi, Y., I. Kimura, and K. Sumata. 1995 Relation between chilling sensitivity and polyamine content in several maturity stages of zucchini squash. Acta Hort. 398: 215-221.

Teitel, D C., Y Aharoni, and R. Barkai-Golan. 1989. The use of heat treatments to extend the shelf life of 'Galia' melons. J. Hort. Sci. 64(3) 367-372.

Temkin-Gorodeiski, N., B. Shapiro, S. Grinberg, I. Rosenberger, and E. Fallik. 1993. Postharvest treatments to control eggplant deterioration during storage J Hort Sci 68(5): 689-693

Terai, H 1990 Regulation of ethylene production in normal 'Rutgers' and mutant nor and rin tomato fruits. Journal of the Japanese Society for Horticultural Science 59(1): 121-128. (c a. Plant Breed. Abstr 61: 3814; 1991).

Terry, L. A. and D. C. Joyce. 2000. Suppression of grey mould on strawberry fruit with the chemical plant activator acibenzolar. Pest Management Science 56(11): 989-992.

Thompson, A. K. 1998 Controlled atmosphere storage of fruits and vegetables CAB International, Wallingford, UK 278 p.

Thompson, A. K. 2003. Fruit and vegetable harvesting, handling and storage Blackwell Publishing, Oxford, Uk. 460 p.

Thompson, H. C and W C. Kelly. 1957. Vegetable crops. McGraw-Hill Book Co., Inc., N. Y 611 p.

Toivonen, P. M A and P. A. Bowen. 1999. The Effect of perharvest foliar sprays of calcium on quality and shelf life of two cultivars of sweet bell peppers (*Capsicum annuum* L.). grown in plasticulture. Canadian J Plant Sci. 79(3): 411-416.

Toivonen, P. M. A and S. Stan. 2003. The effect of washing on physicochemical changes in packaged, sliced green peppers. Int. J. Food Sci. Technol. 39(1): 43-51.

Torija-Isasa, M. E., C. Diez-Marques, M. Camara-Hurtado, and M C. Sanchez-Mata. 1998. Effect of controlled atmosphere storage on nutritive value of green beans (*Phaseolus vulgaris* L.). p. 78, In: COST 915, Consumer Oriented Quality Improvement of Fruit and Vegetable Products. Polytechnic University of Madrid, Spain.

Trial, M. A., I. A. Wahem, and J. N. Bizri. 1992. Snap bean quality changed minimally when stored in low density polyolefin film package. Journal of Food Science 57(4): 977-979.

Tucker, G A., G B. Seymour, Y. Bundick, D. Robertson, L. Hall, C. J S. Smith, D. Grierson, C R. Bird, and W Schuch. 1992 Use of antisense RNA technology to study pectin degradation in tomato fruit. New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science 20: 119-124. (c. a. Hort Abstr 63. 422, 1993).

Turk, R and E. Celik. 1994 The effect of vacuum cooling on the quality criteria of some vegetables. Acta Horticulturse No. 368 825-829

Tzortzakis, N., I Singleton, and J Barnes. 2008. Impact of low-level atmospheric ozone-enrichment on black spot and anthracnose rot of tomato fruit Postharvest Biology and Technology 47(1): 1-9.

Utto, W., A. J Mawson, and J E Bronlund. 2008. Hexanal reduces infection of tomatoes by *Botrytis cinerea* whilst maintaining quality Postharvest Biol Technol. 47(3): 434-437.

Vicente, A. R., G A. Martinez, P. M. Civello, and A. R Chaves. 2002. Quality of heat-treated strawberry fruit during refrigerated storage Postharvest Biol Technol 25 59-71.

Vicente, A. R., M. Saladié, J. K. C Rose, and J M Labavitch 2007 The linkage between cell wall metabolism and fruit softening: looking to the future J Sci. Food Agric 87: 1435-1448

Vigneault, C., J. A. Bartz, and S. A Sargent 2000. Postharvest decay risk associated with hydrocooling tomatoes. Plant Dis. 84(12): 1314-1318.

Villavicencio, L., S. Blankenship, D C Sanders, and W H. Swallow 1999. Ethylene and carbon dioxide production in detached fruit of selected pepper cultivars. J Amer. Soc. Hort. Sci. 124(4): 402-406.

Wade, N L. and S C. Morris. 1983. Efficacy of fungicides for postharvest treatment of muskmelon fruits. HortScience 18. 344-345.

Wall, M M and R. D. Berghage 2007 Prolonging the shelf-life of fresh green chile peppers through modified atmosphere packaging and low temperature storage. J. Food Quality 19(6): 467-476.

Wall, M. M., S. Walker, A. D Wall, E. Hughs, and R Phillips. 2003. Yield and quality of machine harvested red chile peppers. HortTechnology 13(2): 296-302.

Wang, C. Y. 1991. Effect of abscisic acid on chilling injury of zucchini squash. Journal of Plant Growth Regulation 10: 101-105.

Wang, C Y. 1994. Combined treatment of heat shock and low temperature conditioning reduces chilling injury in zucchini squash. Postharvest Biology and Technology 4(1-2): 65-73.

Wang, C Y. 1994 Reduction of chilling injury by methyl jasmonate Acta Hort. 368: 901-907.

Wang, C. Y 1994. Chilling injury of tropical horticultural commodities HortScience 29(9). 986-988.

Wang, C. Y. 1995. Effect of temperature preconditioning on catalase, paroxidase, and superoxidase dismutase in chilled zucchini squash. Postharvest Biology and Technology 5(1/2): 67-76

Wang, C. Y. 1996. Temperature preconditioning affects ascorbate antioxidant system in chilling zucchini squash. Postharvest Biology and Technology 8(1): 29-36.

Wang, C. Y. and J. G. Buta. 1994. Methyl jasmonate reduces chilling injury in *Cucurbita pepo* through its regulation of abscisic acid and polyamine levels. Environmental and Experimental Botany 34(4): 427-432.

Wang, C. Y. and L. Qi. 1997. Modified atmospbere packaging alleviates chilling injury in cucumbers . Postharvest Biology and Technology 10(3): 195-200.

Wang, C. Y., G. F. Kramer, B. D. Whitaker, and W. R. Lusby. 1992. Temperature preconditioning increases tolerance to chilling injury and alters lipid composition in zucchini squash. Journal of Plant Physiology 140(2): 229-235.

Wang, Y., Y. Bao, D. Shen, W. Feng, T. Yu, J. Zhang, and X. D. Zheng. 2008. Biocontrol of *Alternaria alternate* on cherry tomato fruit by use of marine yeast *Rhodosporidium paludigenum* Fell & Tallman. International J. Food Microbiol. 123(3): 234-239.

Wang, Y., W. Baogang, and L. Li. 2008. Keeping quality of tomato fruit by high electrostatic field pretreatment during storage. J. Sci. food Technol. 88(3): 464-470.

Wang, F., G. Feng, and K. Chen. 2009. Defense response of harvested tomato fruit to burdock fructooligosaccharide, a novel potential elicitor Postharvest Biol. Technol. 52(1): 110-116.

Ware, G. W. and J. P. McCollum. 1980 (3rd ed.). Producing vegetable crops. The Interstate Printers & Publishers, Inc., Danville, Illinois. 607 p.

Wasna, N. P., K. Kawada, and T. Matsui. 1999. Preharvest foliar applied calcium and postharvest $CO_2$ increment improve storability of 'Nyoho' strawberries. (In Japanese with English summary). Journal of Society of High Technology in Agriculture 11(3): 165-172 c. a. Hort. Abstr. 70(2): 1054; 2000.

Watada, A. E. and L. L. Morris. 1967. Growth and respiration patterns of snap bean fruits. Plant Physiology 42(6): 757-761

Watada, A E and L L Morris. 1996a. Effect of chilling and non-chilling temperatures on snap bean fruits. Proc Amer Sco. Hort. 89 368-374

Watada, A. E and L. L Morris. 1966b. Post-harvest behavior of snap bean cultivars Proc. Amer. Soc Hort. Sci 89 375-380.

Watkins, C B., J E Manzano-Mendez, J F Nock, J Z Zhang, and K E Maloney 1999 Cultivar variation in response of strawberry fruit to high carbon dioxide treatments. Journal of the Science of Food and Agriculture 79(6): 886-890

Weaver, R J. 1972 Plant growth substances in agriculture S Chand & Co. Ltd, New Delhi. 594 p.

Welch, N C., R Bringhurst, A S Greathead, V Voth, W S Seyman, N F McCalley and H. W. Otto 1982 Strawberry production in California. Univ Calif., Div Agr Sci., Leaflet 2959 14 p.

Whitaker, B D 1994 A reassessment of heat treatment as a means of reducing chilling injury in tomato fruit. Postharvest Biology and Technology 4(1-2): 75-83.

Whitaker, B. D 1994. Lipid changes in mature-grean tomatoes during ripening, during chilling and after rewarming subsequent to chilling. J Amer. Sco. Hort. Sci. 119(5): 994-999.

Whitaker, B. D. 1995. Lipid changes in mature-green bell pepper fruit during chilling at 2°C and after transfer to 20°C subsequent to chilling. Physiologia Plantarum 93(4): 683-688.

Whitaker, T W. and G. N Davis. 1962 Cucurbits. Interscience Pub., Inc , N Y. 249 p.

Wien, H C. 1997. Pepper, pp 259-293. In. Wien (ed.). The physiology of vegetable crops CAB International, Wallingford, U K.

Wiendl, F M., V. Arthur, and T. A Wiendel 1996. Storage of peppers (*Capsicum annuum* L.) using gamma irradiation from cobalt-60 (In Portuguese with English summary). Revista de Agriculture (Piracicaba) 71(1): 21-32. c. a. Hort Abstr 67(10): 8611; 1997

Wills, R B H and G. H. Kim. 1996. Effect of ethylene on postharvest quality of green beans. Aust J Exp Agric. 36(3): 335-337

Wills, R B H and V. V. V Ku 2002 Use of 1-MCP to extend the time to ripen of green tomatoes and postharvest life of ripe tomatoes. Postharvest Biol. Technol 26: 85-90.

Wills, R., B. McGlasson, D. Graham, and D. Joyce. 1998. Postharvest· an introduction to the physiology & handling of fruit, vegetables & ornamentals. CAB International, Wallingford, UK 262 p.

Wills, R. B. H., V. V. V. Ku, and Y. Y. Leshem. 2000. Fumigation with nitric oxide to extend the postharvest life of strawberries. Postharvest Biology and Technology 18(1): 75-79.

Wright, P. J. and D. G. Grant. 1999. Effects of pre-shipping storage conditions on buttercup squash quality rots. New Zealand J. Crop Hort. Sci. 27(4): 337-343.

Wszelaki, A. L. and E. J. Mitcham. 2000. Effects of superatmospheric oxygen on strawberry fruit quality and decay. Postharvest Biology and Technology 20: 125-133.

Wszelaki, A. L. and E. J. Mitcham. 2003. Effect of combinations of hot water dips, biological control and controlled atmosphere for control of gray mold on harvested strawberries. Postharvest Biol. Technol. 27: 255-264.

Xi, Y. F., T. Yu, and D. M. Qian. 1998. Studies on the physiology of chilling injury in eggplant (*Solanum melongena* L.) fruits. (In Chinese with English summary). Acta Horticulturae Sinica 25(3): 303-305. c. a. Hort. Abstr. 69(4): 3166; 1999.

Yamaguchi, M. 1983. World vegetables: principles, production and nutritive values. AVI Pub. Co., Inc., Westport, Connecticut. 415 p.

Yang, Y. J. and K. A. Lee. 1998. Thiabendazole and CA effects on reduction of chilling injury during cold storage in pepper fruit. J. Korean Soc. Hort. Sci. 39(6): 680-683. c. a. Hort. Abstr. 69(5): 4113; 1999.

Yang, Y. J. and K. A. Lee. 1999. The changes of acetaldehyde, ethanol and firmness during CA storage of strawberries. (In Korean with English summary). J. Korean Sco. Hort. Sci. 40(3): 303-305.

Yang, B. et al. 2003. Effect of temperature on chilling injury, decay and quality of Hami melon during storage. Postharvest Biol. Technol. 29: 229-232.

Yang, B., G. Yonghong, G. Yurong, and Z. Jie. 2007. Postharvest harpin treatment suppresses decay and induces the accumulation of defense-related enzymes in hami melons. Acta Hort. No. 731: 439-450.

Yu, Y M et al 1997 Fruit characteristics and quality of vine-ripened and room-ripened fruit in several cherry tomato cultivars (In Korean with English summary). J Korean Soc Hort. Sci 38(5): 453-458 (c. a. Hort Abstr 68(2): 1418; 1998).

Yu, M , L. Shen, B. Fan, D. Zhao, Y. Zheng, and J. Sheng 2009. The effect of MeJA on ethylene biosynthesis and induced disease resistance to *Botrytis cinerea* in tomato. Postharvest Biology and Technology 54(3) 153-158

Zagory, D. 1998. A practical workshop for the optimization of Egyptian produce packaging. Agricultural Technology Utilization & Transfer Project. Ministry of Agriculture and Land Reclamation, Cairo. 32 p.

Zahara, M. B and R. W. Scheuerman. 1988. Hand-harvesting jointless vs. jointed-stem tomatoes. Calif. Agric. 42(3) 14

Zhang, D and P. C Quantick. 1998. Antifungal effects of chitosan coating on fresh strawberries and raspberries during storage. J. Hort. Sci Biotech. 73(6): 763-767

Zhang, Z. D., J. L. Ma, and R J Zong. 1996 Studies on fresh-keeping factors of cucumber packaged with polyethylene. (In Chinese with English summary). Journal of Hebei Agricultural University 19(1) 40-44 c a Hort. Abstr 67(10); 8551, 1997.

Ziv, O., C Shifris, S., Grinberg, E Fallik, and A. Sadeh 1994 Control of *Leveillula taurica* mildew (*Oidiopsis taurica*) on pepper plants. (In Arabic with English summary). Hassadeh 74(5): 526-532 c a. Rev Plant Pathol 74(9): 5782, 1994

Zong, R J , L. Morris, and M. Cantwell 1995. Postharvest physiology and quality of bitter melon (*Momordica charanita* L.). Postharvest Biol. Technol 6: 65-72.



شكل (١-١): تعبئة الطماطم فى كراتين - بعد رصِّها فى أطباق - وتجهيزها على صورة بالتات.



شكل (٢-٣): تدريج ثمار الفلفل وتعبئتها



شكل (٣-١): مرحلة الانفصال الكامل full-slip في ثمار القاوون (الكنتالوب) الشبكي.



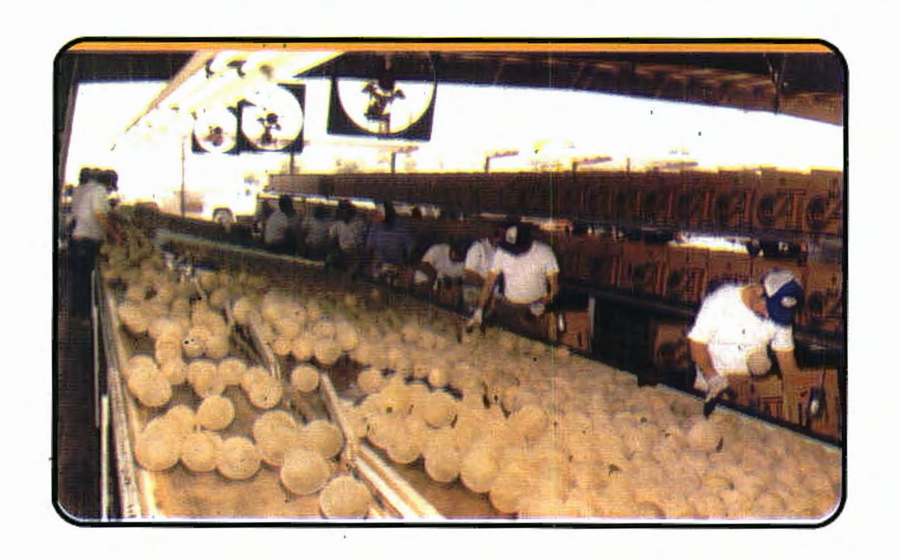
شكل (٣-٢): تلون ثمار الكنتالوب الشارانتيه وقت حصادها باللون الأبيض الذهبي وليس البرتقالي.



شكل (٣-٣) ثمرة شارانتيه زائدة النضج وظهرت بها حالة الـ vetrosity.



شكل (٢-٤) تعبئة ثمار الفلفل فى أغشية معدلة للهواء وغير منفذة للرطوبة.



شكل (٣–٤): عملية فرز ثمار الكنتالوب تبعًا لأحجامها.